

Harina integral de trigo (*Triticum aestivum* L.) adicionada con harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) germinado por hidroponía: análisis reológico, de textura y sensorial en un producto de panificación

Whole wheat (*Triticum aestivum* L.) flour added with chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour germinated through hydroponics: rheological, texture, and sensory analysis in a baked product

Melanie Sophia Nidez Miranda¹ , Guadalupe Amanda López Ahumada¹ , Jesús Enrique Gerardo Rodríguez¹ ,
María Fernanda Amaya Villalva^{1*} 

¹ Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.

RESUMEN

Es importante investigar los cambios reológicos, de textura y sensoriales que le confieren la adición de harinas de garbanzo a un producto de panificación, asimismo, analizar bioprocésamientos como la germinación por hidroponía evaluando el efecto en la reología de masas y la calidad del pan. En este estudio se realizó un análisis proximal a las harinas y también se establecieron las características viscoelásticas. Se determinó el volumen específico del producto de panificación obtenido y se realizó un análisis de perfil de textura (TPA). Se realizó un análisis sensorial discriminativo con una prueba triangular para evaluar si los consumidores percibían diferencias sensoriales derivadas de los cambios en los ingredientes. Los resultados reportaron un aumento en el contenido de proteínas y cenizas; un incremento en la viscoelasticidad de las harinas germinadas; un mayor volumen específico en pan con adición de garbanzo, así como una menor dureza del pan cuando se reemplazó la harina con garbanzo con y sin germinar. El análisis sensorial reportó que no hay diferencias significativas ($Pd=30\%$ $\alpha=0.05$ $\beta=0.05$) entre los tratamientos con harina de garbanzo germinada y sin germinar. La harina de garbanzo germinado es una opción viable para sustituir harinas integrales de trigo, manteniendo la aceptabilidad sensorial del producto.

Palabras clave: *Cicer arietinum* L., Germinación, Harinas, Panificación.

ABSTRACT

Investigating the rheological, textural, and sensory changes resulting from the addition of chickpea flour to bakery products is crucial. Furthermore, bioprocessing methods, such as hydroponic germination, should be analyzed to evaluate their impact on dough rheology and bread quality. In this study, proximal analysis of chickpea flour was conducted, and its viscoelastic properties were assessed. The specific volume of the resulting bakery product was measured, and a texture profile analysis (TPA) was performed. A discriminative sensory analysis, using a triangular test, evaluated whether consumers detected sensory differences due to changes in ingredients. The results showed increase protein and ash

content, increased viscoelasticity in germinated chickpea flour, higher specific volume in bread with chickpea flour, and reduced bread hardness when chickpea flour—germinated or non-germinated—was used as a replacement. Sensory analysis revealed no significant differences ($Pd=30\%$, $\alpha=0.05$, $\beta=0.05$) between treatments with germinated and non-germinated chickpea flour. These findings suggest that germinated chickpea flour is a viable alternative for replacing whole-grain wheat flour while preserving the product's sensory acceptability.

Keywords: *Cicer arietinum* L., Germination, Flours, Baking.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura destaca los beneficios nutricionales de las legumbres, promoviendo una mayor inclusión en las dietas alimentarias a nivel mundial como una excelente fuente de nutrientes (FAO, 2021). Por lo anterior, la demanda de legumbres como ingredientes alimentarios está en aumento debido a su capacidad para reemplazar o enriquecer las fórmulas alimentarias existentes (King *et al.*, 2024). El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una legumbre rica en nutrientes, que contiene diversos compuestos benéficos, incluidos carbohidratos, proteínas, ácidos grasos insaturados, minerales, vitaminas, fibra dietética y una variedad de isoflavonas. Es una buena fuente de carbohidratos y proteínas, y la calidad de su proteína se considera superior a la de otras legumbres (Chandora *et al.*, 2020; Kaur y Prasad, 2021; Wang *et al.*, 2021; Begum *et al.*, 2023). Las harinas de leguminosas se obtienen al moler los granos, que a veces se escaldan, remojan y cocinan para eliminar enzimas y sustancias antinutritivas. Luego, los granos se secan, se muelen y se tamizan. La harina de trigo se reemplaza parcialmente por harina de leguminosa y se continúa con los pasos normales del proceso de elaboración de los productos (Torres *et al.*, 2014). Sin embargo, ha sido un desafío conseguir una textura deseable en productos alimenticios a base de trigo sustituidos con harina de legumbres, ya que el producto final suele volverse desagradable e inaceptable para los consumidores, lo que potencialmente limita su consumo (Teixeira *et al.*, 2020). El pretratamiento

*Autor para correspondencia: María Fernanda Amaya Villalva
Correo-e: fernanda.amaya@unison.mx

Recibido: 24 de octubre de 2024

Aceptado: 6 de enero de 2025

Publicado: 7 de febrero de 2025

de las legumbres (tostado, cocción o fermentación) influye en su composición y las propiedades proteicas, y, en consecuencia, en las características de la masa y en la calidad del pan fortificado con harinas de legumbres (Cunha *et al.*, 2019). Es importante recalcar que existen diversos tratamientos previos que pueden beneficiar a los granos particularmente la germinación, que bajo condiciones controladas representa una estrategia económica, accesible y respetuosa con el medio ambiente para potenciar las propiedades nutritivas y tecno funcionales de los substitutos de la harina de trigo derivados de legumbres y cereales (Mao *et al.*, 2024). La germinación del garbanzo modifica su estructura, estimula la síntesis de compuestos bioactivos y mejora su estabilidad, digestibilidad y perfil nutricional. Además, reduce los factores anti nutricionales, favoreciendo la absorción de nutrientes. Estos cambios enriquecen su calidad nutricional y optimizan sus propiedades sensoriales y tecnológicas, haciéndolo más adecuado para diversas aplicaciones culinarias e industriales (Atudorei *et al.*, 2020; Sofi *et al.*, 2020; Wang y Jian, 2022).

Estudios recientes han reportado resultados favorables en harinas adicionadas con harina de garbanzo respecto a sus efectos nutricionales, reológicos y sensoriales; Guardado-Félix *et al.* (2020) evaluaron panes elaborados con harina de trigo y harinas de garbanzo germinado, con o sin selenio. Los resultados mostraron un mayor contenido de aminoácidos. En cuanto a las características fisicoquímicas de las harinas, observaron un tiempo de mezclado más prolongado. Además, obtuvieron un pan con menor volumen, mayor dureza en su textura y una reducción en la resiliencia y cohesión después de 4 d. No identificaron diferencias significativas entre los panes. Otro autor Kotsiou *et al.* (2022) analizaron harinas de trigo y garbanzo tostado, encontrando un aumento en lisina y fibra dietética. La adición del 10 % no alteró las propiedades de la masa ni del pan, pero con el 15 % y 20 % aumentaron la viscosidad, elasticidad, absorción de agua y resistencia de la masa, mientras que el volumen del pan y la extensibilidad disminuyeron, no detectaron efectos negativos en las propiedades sensoriales. Wang *et al.* (2023) estudiaron galletas enriquecidas con proteína de subproductos de leche de avena y harina de garbanzo, observaron un aumento en proteínas, azúcares y carbohidratos, sin afectar la dureza, y con una mejora en la apariencia. El objetivo de este estudio fue obtener un producto de panificación de harina integral de trigo (*Triticum aestivum* L.) adicionado con harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) germinado por hidroponía. Ésta al ser una técnica optimizada e innovadora en comparación con la germinación convencional, ofrece ventajas en términos de accesibilidad y eficiencia, la cual nos permitió evaluar los efectos en la calidad de harinas mediante análisis reológicos, de textura, volumen y evaluación sensorial del pan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Las materias primas utilizadas en esta investigación fueron garbanzo de la variedad Blanoro, tipo kabuli, calibre 14,

donado por ALIANSA®, S.A. de C.V., ubicada en Hermosillo, Sonora, México. El trigo harinero de la variedad Borlaug fue proporcionado por MUNSA MOLINOS, S.A. de C.V., de Cd. Obregón, Sonora, México. Los granos se limpiaron con una criba circular de 7/64" para remover impurezas, como granos rotos, ramas y piedras. El garbanzo destinado a la germinación hidropónica fue lavado inicialmente con agua destilada y una solución de hipoclorito de sodio al 5 %, seguido de un enjuague con agua destilada.

Germinación hidropónica

El garbanzo se sometió a un proceso de germinación hidropónica en la empresa BlueGrown®. Para ello, se utilizó una germinadora con aspersión de agua y movimiento mecánico circular cada 4 min. La germinación hidropónica se llevó a cabo durante 5 d, a una temperatura aproximadamente de 18 °C y una humedad relativa del 90 %. Después de la germinación, el garbanzo se secó en un túnel de convección forzada a una temperatura de 55 °C durante 6 a 8 h, para luego proceder a su molienda. El grano entero de trigo, el garbanzo sin germinar y el garbanzo germinado se molieron en un molino experimental Christy & Norris 8" inch lab mill. Posteriormente, las harinas obtenidas se tamizaron utilizando una malla con un tamaño de partícula de 0.5 mm.

Mezclas de harinas

Para la preparación de las mezclas de harinas, se añadieron a la harina integral de trigo (HIT) diferentes proporciones de harina de garbanzo (HG) y harina de garbanzo germinado (HGG) en un 5 %, 10 %, 15 % y 20 %, respectivamente. Las formulaciones obtenidas se muestran en la Tabla 1.

Análisis proximal de harinas

Se realizaron los siguientes análisis en las harinas: contenido de humedad, utilizando el método 44-15 de la AACC (2000); contenido de proteína mediante el método micro Kjeldahl 46 - 13; contenido de extracto etéreo con el método 30 - 25 de la AACC (2000); y contenido de cenizas según el método 08-01 de la AACC (2000).

Análisis reológico de harinas

Se evaluaron las características viscoelásticas de las masas utilizando un reómetro Rheometrics Scientific, modelo RSF III

Tabla 1. Formulación de harinas.

Table 1. Flour formulation.

Formulación	HIT (%)	HG (%)	HGG (%)
HIT	100	-	-
HG 5 %	95	5	-
HG 10 %	90	10	-
HG 15 %	85	15	-
HG 20 %	80	20	-
HGG 5 %	95	-	5
HGG 10 %	90	-	10
HGG 15 %	85	-	15
HGG 20 %	80	-	20

*HIT: harina integral de trigo, HG: harina de garbanzo, HGG: harina de garbanzo germinado.



(Piscataway, NJ, EE.UU.), mediante un barrido de frecuencia. Para ello, se empleó una geometría de platos paralelos de 25 mm de diámetro, utilizando una separación de 2 mm, y una deformación del 0 - 1 % (región viscoelástica lineal). El barrido se realizó en un rango de frecuencias de 0.1 a 100 rad/s. Con el fin de obtener los parámetros viscoelásticos: módulo de almacenamiento, mide la elasticidad y la energía almacenada (G' , Pa), módulo de pérdida refleja la viscosidad y la energía disipada (G'' , Pa) y tangente del ángulo de fase ($\tan \delta$) indica la relación entre la energía disipada y almacenada, aportando información sobre la proporción viscosa y elástica del material. Se prepararon 50 g de harina para la elaboración de la masa, de la cual se tomaron 3 g de muestra, que se colocaron en el plato del reómetro, distribuyéndolos en una capa uniforme. Se aplicó silicona en los bordes de la muestra para evitar la pérdida de humedad durante el análisis (Gerardo-Rodríguez *et al.*, 2019).

Producto de panificación

El proceso de panificación se realizó siguiendo el método 10-10.03 de la AACC (AACC, 2000) para masa directa, con algunas modificaciones. Los ingredientes utilizados para la masa fueron: 300 g de harina (base), 1.7 % de levadura, 3 % de manteca vegetal, una solución de sal y azúcar con una concentración del 60 % p/v y agua purificada. En la HIT se utilizó una absorción de agua de 70.4 %, para HG y HGG se agregaron valores entre 69.6 - 69.8 % de absorción de agua. Todos los ingredientes se mezclaron en una mezcladora KitchenAid (modelo KSM3316X) durante el tiempo indicado en los resultados del farinograma (datos no mostrados). La masa se sometió a tres fermentaciones: una inicial de 30 min, seguida de un primer ponchado (abertura de 9/32") y otra fermentación de 30 min. Posteriormente, se dividió, se realizó un segundo ponchado (abertura de 3/16"), se moldeó y se llevó a una tercera fermentación de una hora. Finalmente, se horneó a 240 °C durante 10 min y se dejó enfriar.

Volumen específico y análisis de perfil de textura

El volumen específico del pan se determinó siguiendo el método 10-05 de la AACC (2000). Después de hornear los panes y dejarlos enfriar durante 1 h, se pesaron en una balanza granataria. El volumen se midió utilizando un medidor de volumen de pan, mediante el desplazamiento de semillas de nabo (Método 10-05 de la AACC). El volumen específico se calculó dividiendo el volumen (cm^3) por el peso del pan (g).

La textura del pan se evaluó mediante el análisis de perfil de textura (TPA) después de 2 h de la etapa del horneado, utilizando el método de compresión con una deformación del 75 %. Se empleó un analizador de textura Stable Micro System modelo TA. TX Plus, siguiendo una modificación del método de Jekle, Fuchs y Becker (2018). Los panes se cortaron en tres rebanadas de aproximadamente una pulgada de grosor, y de cada rebanada se extrajo un cubo central sin corteza para la medición. Los parámetros evaluados en este ensayo son dureza, que es la fuerza máxima ejercida en la primera compresión. Cohesividad o relación de áreas

originadas en los dos ciclos de compresión y representa el trabajo necesario para comprimir la muestra por segunda vez respecto al que ha sido necesario para comprimirla la primera vez. Elasticidad o altura que el alimento recupera respecto a la que tenía inicialmente durante el tiempo que transcurre desde que acaba la primera compresión hasta que empieza la segunda. Gomosidad, definida como el producto de dureza por cohesividad y masticabilidad, definida como el producto de dureza por cohesividad por elasticidad.

Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial discriminativo mediante una prueba triangular para evaluar si los consumidores percibían diferencias sensoriales derivadas de los cambios en los ingredientes. Se compararon dos productos: pan integral de trigo adicionado con 5 % de harina de garbanzo (Alimento 1) y pan integral de trigo adicionado con 5 % de harina de garbanzo germinado (Alimento 2), este estudio se basó en la investigación de Sulieman *et al.* (2013), donde la adición del 5% de harina de garbanzo obtuvo la mayor aceptación sensorial. La evaluación fue realizada por 66 jueces no entrenados ($Pd = 30\%$; $\alpha = 0.05$; $\beta = 0.05$). El término " $Pd = 30\%$ " se refiere a la proporción esperada de panelistas que detectarán la diferencia en los ingredientes. El valor de $\alpha = 0.05$ representa el nivel de significancia, que indica un 5 % de riesgo de rechazar incorrectamente la hipótesis nula. El valor de $\beta = 0.05$ señala la probabilidad de cometer un error tipo II, es decir, de no detectar una diferencia cuando realmente existe. El diseño experimental fue completamente al azar (Meilgaard *et al.*, 2006; Mazón *et al.*, 2018; Godínez y Sánchez, 2020).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico en el que todos los resultados se expresaron como la media \pm desviación estándar, utilizando duplicados o triplicados según la técnica empleada. Los datos fueron analizados mediante ANOVA utilizando el paquete estadístico InfoStat, seguido de la prueba de Tukey, considerando significativas las diferencias con un valor de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal

En este estudio, se realizó un análisis proximal con el objetivo de determinar la composición de los macro componentes en las harinas, incluyendo humedad, proteína, extracto etéreo y cenizas (Fon Fay y Zumbado, 2019). Los resultados estadísticos de la composición proximal de las harinas se presentan en la Tabla 2, estos revelan diferencias significativas en el porcentaje de proteína entre la harina integral de trigo (HIT), utilizada como control, y las harinas de trigo adicionadas con harina de garbanzo (HG) en proporciones del 15 % y 20 %. Sin embargo, las adiciones del 5 % y 10 % de HG no mostraron diferencias significativas en comparación con la harina control. En cuanto al contenido de grasa, no se observaron diferencias entre la HIT y HG. No obstante, en el caso de las cenizas, se detectaron diferencias significativas entre la ha-

Tabla 2. Composición proximal de la harina integral de trigo adicionada con harina de garbanzo y harina de garbanzo germinado.

Table 2. Proximal composition of whole wheat flour supplemented with chickpea flour and germinated chickpea flour.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasas (%)	Cenizas (%)
HIT	7.67 ± 0.20 ^{ab}	12.1 ± 0.81 ^b	2.6 ± 0.07 ^{bc}	1.45 ± 0.01 ^b
HG 5 %	6.15 ± 0.28 ^{cd}	13.04 ± 0.69 ^{ab}	1.98 ± 0.43 ^d	1.65 ± 0.03 ^{ab}
HG 10 %	5.71 ± 0.06 ^{de}	13.40 ± 0.84 ^{ab}	2.48 ± 0.32 ^{bcd}	1.57 ± 0.08 ^{ab}
HG 15 %	4.46 ± 0.95 ^f	14.18 ± 0.83 ^a	2.20 ± 0.12 ^{cd}	1.66 ± 0.02 ^a
HG 20 %	4.96 ± 0.00 ^{bef}	14.71 ± 0.66 ^a	2.24 ± 0.05 ^{cd}	1.74 ± 0.12 ^a
HGG 5 %	7.80 ± 0.19 ^a	14.0 ± 0.56 ^a	3.5 ± 0.19 ^a	1.58 ± 0.01 ^{ab}
HGG 10 %	6.67 ± 0.09 ^{bcd}	14.3 ± 0.41 ^a	3.1 ± 0.20 ^{ab}	1.58 ± 0.02 ^{ab}
HGG 15 %	6.88 ± 0.26 ^{abc}	14.1 ± 0.27 ^a	3.3 ± 0.07 ^a	1.63 ± 0.04 ^{ab}
HGG 20 %	6.67 ± 0.22 ^{bcd}	14.3 ± 0.77 ^a	3.5 ± 0.07 ^a	1.70 ± 0.02 ^a

* Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales, Tukey (p≤0.05).

* HIT: harina integral de trigo, HG: harina de garbanzo, HGG: harina de garbanzo germinado.

rina control y las harinas con adiciones de garbanzo al 15 % y 20 %, con un aumento en este porcentaje. En general, las harinas incorporadas con garbanzo aumentaron los porcentajes de proteína y cenizas en comparación con HIT.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los hallazgos de Mohammed *et al.* (2014), quienes reportaron que los contenidos de proteína, grasa y cenizas en la harina cruda de garbanzo son superiores a los registrados en la harina de trigo. En este estudio, se observa una tendencia al incremento en los porcentajes de proteína y cenizas a medida que aumenta la adición de HG. Sulieman *et al.* (2013) también mencionan que la inclusión de HG a la harina integral de trigo eleva significativamente el contenido de proteínas y minerales. Estos resultados coinciden con otros estudios (Eraslan *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2023; Soto Toloza *et al.*, 2024). En cuanto a los resultados obtenidos de la harina de garbanzo germinado (HGG), el análisis estadístico muestra una diferencia significativa en el contenido de proteína entre HIT, con un valor de 12.1 ± 0.81 % de proteína, y la harina con un 20 % de garbanzo germinado, que alcanzó un 14.3 ± 0.77 % de proteína. Asimismo, se observó un incremento en el porcentaje de grasa conforme se aumenta la adición de HGG, aunque la diferencia entre el porcentaje del 10 %, no resultó significativa. El contenido de cenizas también muestra un aumento con la incorporación de HGG, siendo significativo únicamente entre la HIT y el 20 % de adición. Al igual que en las harinas adicionadas con garbanzo sin germinar, se registró un aumento en los porcentajes de proteína y cenizas en las harinas elaboradas con garbanzo germinado.

Atudorei *et al.* (2022) informaron un aumento significativo en el contenido de proteína de la harina de garbanzo germinado en comparación con la harina de trigo refinada. De manera similar, Sofi *et al.* (2023) evaluaron la harina de garbanzo nativo y encontraron menores concentraciones de proteína respecto al garbanzo germinado, aunque presentaba más grasa y cenizas. Estos resultados indican que la HGG podría ser un ingrediente funcional útil para mejorar el contenido nutricional de los alimentos.

Características viscoelásticas de las harinas

Respecto a los parámetros de viscoelasticidad se muestran los resultados observados en las harinas adicionadas con garbanzo (Figura 1, 2 y 3). En el módulo de almacenamiento (G' , Pa) los resultados muestran diferencias significativas entre la HIT y las harinas adicionadas con HG, siendo mayor en la HIT. En cuanto al módulo de pérdida (G'' , Pa) también se observaron diferencias significativas entre la HIT comparado con las harinas con HG. Por último, la tangente del ángulo de fase ($\tan \delta$), presentó diferencias significativas entre la HIT y las harinas con HG al 5 %, 10 %, 15 % y 20 %, mostrando

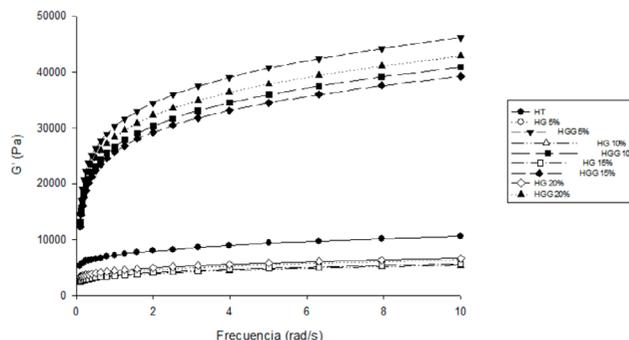


Figura 1. Módulo de almacenamiento (G' , Pa).

* HIT: harina integral de trigo, HG: harina de garbanzo, HGG: harina de garbanzo germinado.

Figura 1. Storage modulus (G' , Pa).

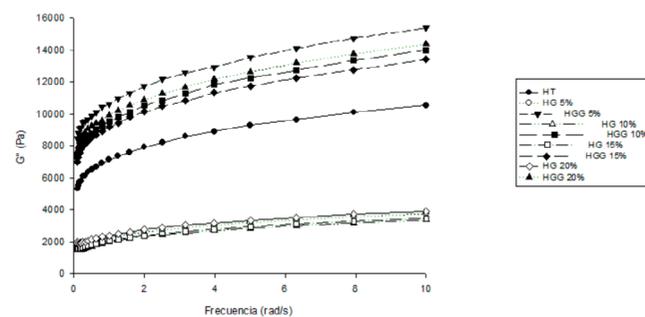


Figura 2. Módulo de pérdida (G'' , Pa).

* HIT: harina integral de trigo, HG: harina de garbanzo, HGG: harina de garbanzo germinado.

Figura 2. Loss modulus (G'' , Pa).

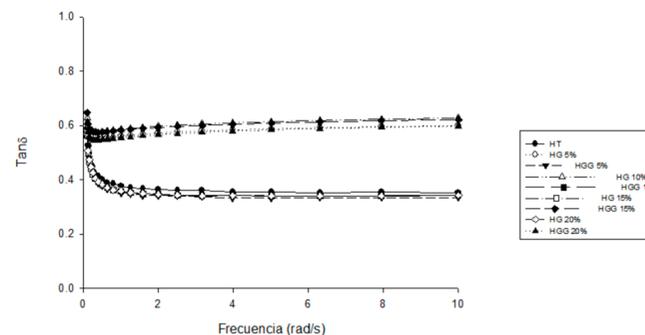


Figura 3. Tangente del ángulo de fase ($\tan \delta$).

* HIT: harina integral de trigo, HG: harina de garbanzo, HGG: harina de garbanzo germinado.

Figura 3. Phase angle tangent ($\tan \delta$).

valores superiores en comparación con HIT. Los módulos de almacenamiento (G') y pérdida (G'') disminuyeron al añadir HG. La calidad de una harina para desarrollar un gluten con buenas propiedades viscoelásticas depende del tipo y la cantidad de gluteninas y gliadinas (Magaña-Barajas *et al.*, 2009; Guerrero y Llerena, 2015).

Las gliadinas aportan viscosidad al gluten, mientras que las gluteninas proporcionan fuerza y elasticidad. Las gliadinas son proteínas monoméricas ricas en glutamina y prolina, constituyendo un tercio de las proteínas de la harina, y se clasifican en α -, β -, γ - y ω -gliadinas con masas moleculares de 30-80 KDa. Las gluteninas, en cambio, forman agregados proteicos unidos por puentes disulfuro y enlaces intermoleculares, lo que les permite alcanzar masas moleculares entre 500-10,000 KDa (Vásquez y Matos, 2009; Villanueva, 2014; Sciarini *et al.*, 2016). En este estudio se utilizó HIT y, al sustituirla por HG, las proteínas del gluten, responsables de las características viscoelásticas, pudieron haberse diluido como consecuencia.

Con respecto a la viscoelasticidad de las HGG, en el módulo de almacenamiento (G' , Pa) se presentan diferencias significativas entre la HIT y las harinas adicionadas con el 5 % y 20 % de HGG, siendo estos últimos de mayor valor. En el módulo de pérdida (G'' , Pa), se observan diferencias entre la HIT y la adición del 5 % de garbanzo germinado, con el valor más alto en este último, y una similitud entre las harinas adicionadas con 10 %, 15 % y 20 %. Respecto a la tangente del ángulo de fase ($\tan \delta$), la HIT presentó el mayor valor, con diferencias significativas entre las harinas adicionadas con 5 % y 20 % de HGG. En comparación con las harinas adicionadas con garbanzo sin germinar, las HGG mostraron un aumento en los módulos de almacenamiento y pérdida, lo que refleja un mejor desarrollo en las características viscoelásticas. Un valor de $\tan \delta$ debajo de 0.5 está relacionado en harinas con características más elásticas y fuertes.

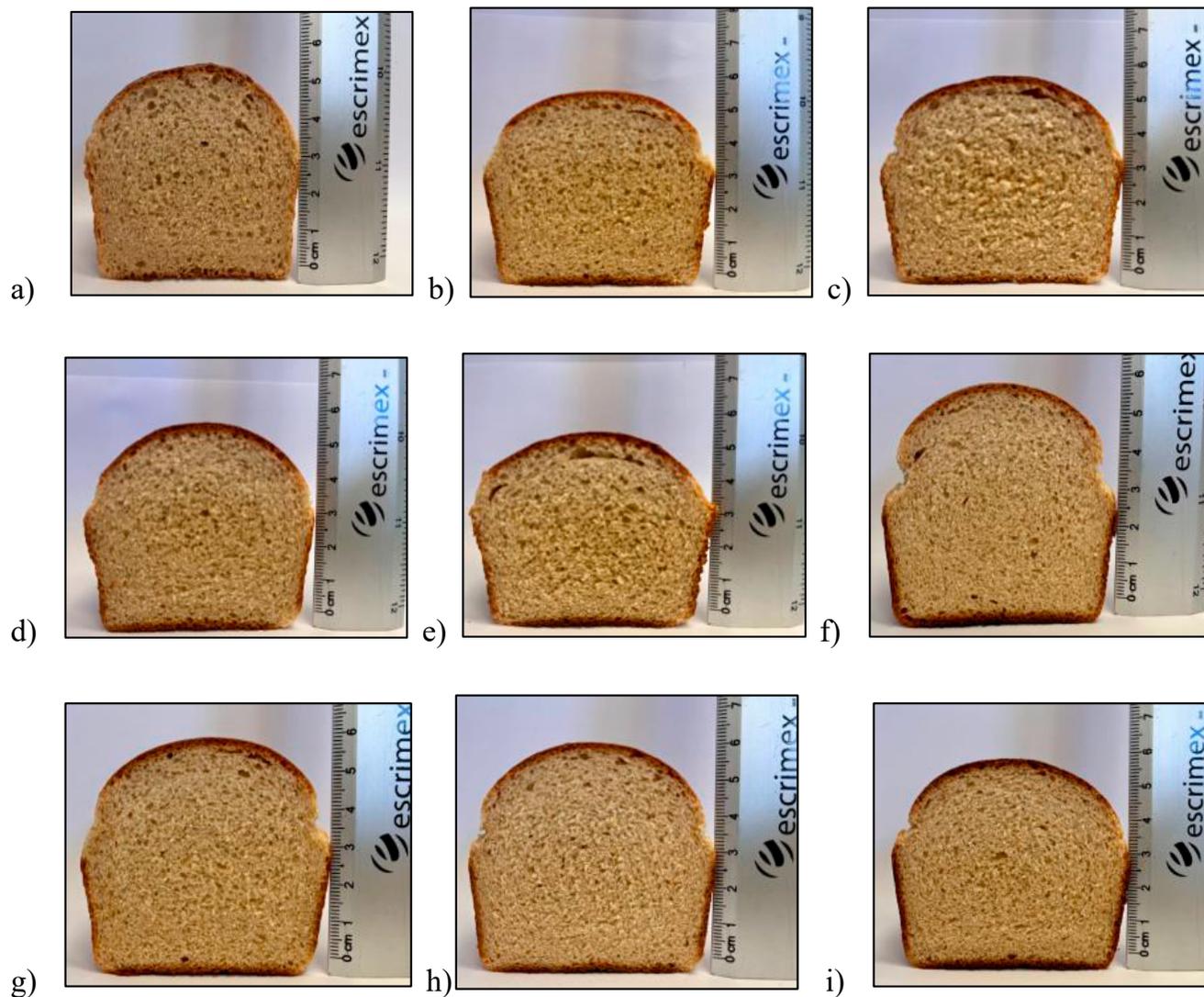
En otros estudios se ha visto que las propiedades reológicas dinámicas en HG, como es el caso de los autores Sofi *et al.* (2020), donde analizaron HGG y evaluaron su efecto con el tiempo de germinación comparado con el garbanzo nativo, ellos encontraron que tanto en el módulo de almacenamiento como en el módulo de pérdida disminuyeron con el incremento del tiempo de germinación del garbanzo desde las 0 - 48 h, los valores en el módulo de almacenamiento fueron mayores comparados con el módulo de pérdida. Este mismo autor (Sofi *et al.*, 2023) estudió harina de garbanzo germinado de la variedad desi (condiciones de germinación: 85 % humedad relativa, 30 °C durante 36 h), de igual forma evaluaron las propiedades viscoelásticas en un reómetro y demostraron que nuevamente el módulo de almacenamiento fue mayor al módulo de pérdida ($G' > G''$), así como los módulos de almacenamiento de las harinas germinadas fueron menores que los de las harinas nativas, ellos atribuyen esta reducción en la formación de redes de gel a causa de la actividad hidrolítica de las enzimas durante la germinación. En otro estudio realizado por Atudorei *et al.* (2022) valoraron harina de trigo refinada fortificadas con HGG al 5 %, 10 %, 15

% y 20 % de adición, encontraron al igual que los estudios anteriores que el módulo de almacenamiento se posiciona en el eje superior al del módulo de pérdida ($G' > G''$), por el contrario, demostraron que los valores en ambos módulos (de almacenamiento y de pérdida) incrementaban conforme aumentaba el nivel de adición de HGG. En particular estos últimos resultados coinciden con los encontrados en nuestro estudio en cuanto a las harinas adicionadas con garbanzo germinado.

Cabe resaltar que comparado con los estudios mencionados anteriormente en este trabajo se utilizó harina integral de trigo (HIT), en la cual debemos contemplar una cantidad de componentes que se encuentran ausentes en la harina de trigo refinada, como lo es el salvado y germen, la fibra irrumpe en la formación ideal de la red del gluten (Pavlovich-Abril *et al.*, 2012), incorporar garbanzo germinado a las harinas integrales de trigo pudieran incrementar la elasticidad y viscosidad de las mismas, este aumento pueda deberse por el incremento a la cantidad de glutelinas, a la hidrólisis enzimática de proteínas, fibra y almidón por efecto del bioproceso de germinación por hidroponía, aumentando la fibra soluble afectando la reología y estructura de la masa, que consiguieran favorecer los enlaces formados durante el desarrollo de la red del gluten, confiriéndole a las harinas una característica de mayor calidad comparada con la harina integral de trigo (Aguilar y Vélez, 2013; Ferreira *et al.*, 2019; Atudorei *et al.*, 2022).

Volumen Específico y Análisis de Perfil de Textura del Pan

Los resultados obtenidos en la calidad del pan se muestran en la Figura 4. Uno de los criterios más importantes para evaluar la calidad del trigo harinero es su capacidad panadera, la cual se mide principalmente por el volumen del pan obtenido. Se demostró que los volúmenes específicos de los panes elaborados con HG, donde se observó una diferencia en el volumen específico entre el pan de HIT y los panes elaborados con HG, siendo estos últimos los que presentaron significativamente un mayor volumen específico. El volumen específico aumentó a medida que se adicionó HG. En contraste, Mohammed *et al.* (2014) encontraron que, a medida que aumentaba el nivel de adición con HG del 10 al 30 % a la harina de trigo refinada, el volumen de los panes fortificados disminuía gradualmente. Sulieman *et al.* (2013) encontró que el volumen específico del pan hecho con harina de trigo fue de 4.40 cm^3/g , mientras que el pan suplementado con 5 %, 10 % y 15 % de harina de garbanzo fue de 4.34, 4.50 y 4.46 cm^3/g , respectivamente. El nivel de 5 % tuvo el valor más bajo y el de 10 % el más alto. No hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre el pan de harina de trigo y el suplementado con harina de garbanzo. Los resultados de este estudio difieren de lo reportado anteriormente, ya que en este estudio se utilizó harina integral de trigo en lugar de harina refinada (Tabla 3). El incremento en el volumen específico de los panes elaborados con HG pudiera atribuirse a la reducción de la fracción de salvado debido a que al añadir fibra a la formulación del pan afecta de manera negativa tanto el volumen del pan como



* a) Pan de harina integral de trigo, b) Pan con harina de garbanzo 5 %, c) Pan con harina de garbanzo 10 %, d) Pan con harina con garbanzo 15 %, e) Pan con harina de garbanzo 20 %, f) Pan con harina de garbanzo germinado 5 %, g) Pan con harina de garbanzo germinado 10 %, h) Pan con harina de garbanzo germinado 15 %, i) Pan con harina de garbanzo germinado 20 %.

Figura 4. Productos de panificación.
Figure 4. Bakery products.

la textura de su miga, probablemente debido a que la fibra provoca una disrupción en la red de gluten (Pavlovich *et al.*, 2012).

En los resultados del volumen específico de los panes elaborados a partir de la HIT adicionadas con HGG, no se presentaron diferencias significativas con respecto al control. La aplicación de un bioproceso de germinación hidropónica pudo alterar la matriz alimentaria, generando variaciones en el proceso de panificación. Atudorei *et al.* (2022) elaboraron pan a partir de harinas de trigo refinada con garbanzo germinado a diferentes % de adición, encontraron que una adición máxima del 15 % fue efectiva, ya que los valores de las tres características físicas del pan, volumen específico, porosidad y elasticidad, aumentaron significativamente ($p < 0,05$), mientras que una adición superior al 15 % no sería recomendable,

Tabla 3. Volumen específico de los panes adicionados con harina de garbanzo y harina de garbanzo germinado.

Table 3. Specific volume of breads supplemented with chickpea flour and germinated chickpea flour.

Pan	Volumen Específico (cm ³ /g)
HIT	2.75 ± 0.05 ^d
HG 5 %	2.96 ± 0.08 ^{bc}
HG 10 %	3.06 ± 0.02 ^{ab}
HG 15 %	3.16 ± 0.03 ^a
HG 20 %	3.06 ± 0.02 ^{ab}
HGG 5 %	2.75 ± 0.05 ^d
HGG 10 %	2.72 ± 0.04 ^{cd}
HGG 15 %	2.83 ± 0.14 ^d
HGG 20 %	2.67 ± 0.05 ^{cd}

* Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales, Tukey ($p \leq 0.05$).

* HIT: harina integral de trigo, HG: harina de garbanzo, HGG: harina de garbanzo germinado.

ya que las características físicas del pan resultaron inferiores en comparación con la muestra control. Como se mencionó anteriormente los panes fueron elaborados con harina integral de trigo y se encontró que los panes con HGG no se adaptaron al proceso de panificación del método de masa directa, especialmente en las etapas de fermentación. Se constató que los panes con garbanzo germinado requerían un menor tiempo de fermentación, ya que una fermentación de tres etapas afectaba la red de gluten. En la tercera etapa de fermentación se observó una disminución en el volumen, lo que sugiere un debilitamiento de la red de gluten (imágenes no mostradas). Estos resultados podrían ser atractivos para la industria panadera, ya que la harina fortificada con HGG reduce el tiempo necesario para la fermentación. Al mismo tiempo otra medida de la calidad del pan puede ser evaluada a través del análisis de perfil de textura, simulando el movimiento de la mandíbula durante la masticación.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de los panes adicionados con HG y se encontró que los parámetros de elasticidad, gomosidad y resiliencia a las 2 h después de la etapa del horneado no presentaban diferencias significativas entre el pan de HIT y los panes adicionados con HG. Sin embargo, en cuanto a la dureza, el pan de HIT presentó mayor dureza en comparación con los panes adicionados con HG (5 %, 10 %, 15 %, 20 %), reportándose una diferencia significativa. En cuanto a la cohesividad, no se encontraron diferencias entre el pan de HIT y los panes con adiciones del 5 %, 10 %, 15 % y 20 % con HG. En términos de masticabilidad y resiliencia, no se observaron diferencias significativas entre el pan HIT comparado con los panes adicionados con HG. Por último, en el parámetro de gomosidad en adiciones del 15 % y 20 % de HG los valores disminuyen significativamente comparado con el pan HIT. Estos resultados muestran una disminución en la dureza con la adición de HG, confiriéndole una mejor calidad al pan.

Los resultados de los panes con HGG en cuanto al parámetro de elasticidad, gomosidad y masticabilidad no mostraron diferencias significativas entre el pan de HIT y los panes con adiciones de garbanzo germinado. En cuanto a la dureza,

el pan de HIT presentó mayor dureza en comparación con los panes con HGG. La cohesividad fue similar estadísticamente entre el pan de HIT y los panes con adiciones del 5 %, 10 % y 20 % HGG, pero hubo una diferencia significativa entre el pan de HIT y el pan con una adición del 15 % HGG, siendo el HIT el de mayor cohesividad. En términos de resiliencia, el pan con una adición del 15 % presentó una diferencia significativa en comparación con el pan de HIT y los demás panes adicionados con HGG. Atudorei *et al.* (2022) encontró que la adición de HGG aumentó los valores de dureza a todos los niveles de adición (5 - 20 %), mientras que la gomosidad disminuyó con un 5 - 15 % de HGG, pero aumentó al 20 %. Los valores de cohesividad y resiliencia fueron más bajos en los panes con HGG comparados con el pan de control (harina de trigo refinada).

El análisis de perfil de textura sugiere que la adición con harina de garbanzo con y sin germinar a la harina integral de trigo, le confieren efectos favorables a la calidad del pan, disminuyendo la dureza del producto final por lo menos en las primeras 2 h posterior a su elaboración, esto puede ser atribuido principalmente a la reducción del salvado y a la fibra dietética por sustitución de la harina integral de trigo por las harinas de garbanzo con y sin germinar, también la actividad enzimática en el bioproceso de germinación por hidroponía pudieran promover el aumento de la fibra dietética soluble y la modificación de otros componentes de la harina. Si bien son resultados prometedores en cuanto al uso de harinas no convencionales, a continuación, se muestran los resultados del análisis sensorial para corroborar los atributos mencionados anteriores.

Análisis sensorial del producto de panificación

Se realizó un análisis sensorial con el objetivo de conocer si existe una diferencia sensible perceptible en los consumidores, derivados de los cambios en la formulación del producto de panificación de harina de trigo. Según la metodología planteada obtuvimos la participación de 66 jueces no entrenados con un 64 % de mujeres y un 36 % de hombres, con un rango de edad del 18 a 65 años. A cada uno de ellos se

Tabla 4. Análisis de perfil de textura de los panes con harina de garbanzo y harina de garbanzo germinado.
Table 4. Texture profile analysis of breads with chickpea flour and germinated chickpea flour.

Pan	Firmeza (kg)	Elasticidad	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad	Resiliencia
HIT	7.41 ± 1.33 ^a	0.92 ± 0.04 ^a	0.53 ± 0.04 ^a	1995.85 ± 282.77 ^{ab}	1848.90 ± 328.23 ^a	0.15 ± 0 ^b
HG 5 %	2.97 ± 0.21 ^b	0.90 ± 0.06 ^a	1.57 ± 0.04 ^a	1552.58 ± 64.02 ^{ab}	1390.31 ± 74.42 ^a	0.15 ± 0.008 ^b
HG 10 %	3.13 ± 0.68 ^b	0.85 ± 0.05 ^a	0.48 ± 0.06 ^{ab}	1537.44 ± 531.79 ^{ab}	1320.26 ± 539.37 ^a	0.17 ± 0.034 ^b
HG 15 %	2.84 ± 0.41 ^b	0.86 ± 0.03 ^a	0.46 ± 0.03 ^{ab}	1308.09 ± 266.35 ^b	1127.98 ± 260.36 ^a	0.17 ± 0.016 ^b
HG 20 %	2.94 ± 0.69 ^b	0.80 ± 0.06 ^a	0.41 ± 0.02 ^{ab}	1198.38 ± 297.77 ^b	950.13 ± 157.04 ^a	0.14 ± 0.013 ^b
HGG 5 %	4.75 ± 0.28 ^b	0.84 ± 0.15 ^a	0.50 ± 0.05 ^{ab}	2383.42 ± 391.01 ^a	2036.34 ± 628.02 ^a	0.15 ± 0.00 ^b
HGG 10 %	4.16 ± 1.15 ^b	0.64 ± 0.22 ^a	0.41 ± 0.07 ^{ab}	1642.64 ± 236.52 ^{ab}	1050.44 ± 348.10 ^a	0.11 ± 0.01 ^b
HGG 15 %	4.61 ± 0.17 ^b	0.57 ± 0.27 ^a	0.36 ± 0.09 ^b	1635.41 ± 344.43 ^{ab}	991.25 ± 683.50 ^a	0.57 ± 0.27 ^a
HGG 20 %	3.26 ± 0.13 ^b	0.77 ± 0.13 ^a	0.40 ± 0.03 ^{ab}	1294.86 ± 60.69 ^b	1000.20 ± 167.83 ^a	0.13 ± 0.01 ^b

* Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales, Tukey (p<0.05).

* HIT: harina integral de trigo, HG: harina de garbanzo, HGG: harina de garbanzo germinado.

les presentaron 3 muestras de panes con diferentes códigos correspondientes al Alimento 1: pan de harina de trigo adicionada con harina de garbanzo al 5 % y Alimento 2: pan de harina de trigo adicionada con harina de garbanzo germinado al 5 %. Se eligió este porcentaje de adición por la revisión previa de la literatura donde se recomendaba una adición del 5%. Un valor de $P \leq 0.05$ indica que los jueces identificaron diferencias entre los dos tratamientos. Los jueces no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que se reportó un resultado de $P \geq 0.1209$. Estudios derivados de análisis sensorial de aceptabilidad de panes adicionados con harina de garbanzo germinado, reportan no tener efectos negativos en los atributos sensoriales, atribuyéndole incluso mejoras en las características sensoriales del pan (Suliman *et al.*, 2013; Mohammed *et al.*, 2014; Guardado-Félix *et al.*, 2020).

Estos resultados, en concordancia con los estudios mencionados, sugieren que los consumidores no serían capaces de detectar si el garbanzo ha tenido un pretratamiento, probablemente no reconocerían en un producto de panificación si la adición es de harina de garbanzo o harina de garbanzo germinado, por lo menos en adiciones de un 5 % en sustitución con la harina integral de trigo. Sustituir en muy poca proporción la harina integral de trigo por harina de garbanzo con y sin germinar le confiere beneficios en las características viscoelásticas de la masa, así como en la textura y volumen del pan, además de que no fue perceptible el pretratamiento por germinación hidropónica del garbanzo, lo que favorece el uso de este tipo de sustituciones como un ingrediente funcional prometedor para diversas aplicaciones culinarias e industriales, especialmente en productos de panificación.

CONCLUSIÓN

La adición de harina de garbanzo, tanto germinado como no germinado, a la harina integral de trigo favorecen la composición proteica y tienen un impacto positivo en la textura y volumen del pan. Sin embargo, adicionar harina de garbanzo germinado por hidroponía optimizó las características viscoelásticas comparado con la adición de harina de garbanzo sin germinar. Estos resultados sugieren que la harina de garbanzo germinado por hidroponía es una opción viable para sustituir fracciones de la harina integral de trigo, esta sustitución pudiera probablemente no ser perceptible por los consumidores. La harina de garbanzo germinado por hidroponía se podría perfilar como un ingrediente funcional prometedor en la panificación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las empresas ALIANSA® y BlueGrown®.

CONFLICTS OF INTEREST

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- AACC, 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. 10th Ed. The Association, St. Paul, Minnesota, USA. Methods. 56-11.02, 76-21.02
- Aguilar-Raymundo, V.G. y Vélez-Ruiz, J.F. 2013. Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 7: 2, 25-34.
- Atudorei, D., Stroe, S.-G. y Codină, G.G. 2020. Physical, physiological and minerals changes of different legumes types during the germination process. Ukrainian Food Journal. 9: 4, 844-863.
- Atudorei, D., Atudorei, O. y Codină, G.G. 2022. The impact of germinated chickpea flour addition on dough rheology and bread quality. Plants. 11: 9, 1225.
- Begum, N., Khan, Q.U., Liu, L.G., Li, W., Liu, D. y Haq, I.U. 2023. Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Frontiers in nutrition. 10.
- Chandora, R., Gayacharan, Shekhawat, N. y Malhotra, N. 2020. Chickpea genetic resources: collection, conservation, characterization, and maintenance. Chickpea: Crop Wild Relatives for Enhancing Genetic Gains. 37-61.
- Cunha, L.M., Fonseca, S.C., Lima, R.C., Loureiro, J., Pinto, A.S., Vaz Pato, M.C. y Brites, C. 2019. Consumer-driven improvement of maize bread formulations with legume fortification. Foods (Basel, Switzerland). 8: 7, 235.
- Eraslan, H., Wehbeh, J. y Ermis, E. 2023. Effect of sourdough prepared with the combination of chickpea and carob on bread properties. International Journal of Gastronomy and Food Science. 32: 100753.
- FAO. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021. Beneficios nutricionales de las legumbres. © FAO 2021 I5384ES/2/02.21
- Ferreira, C.D., Bubolz, V.K., da Silva, J., Dittgen, C.L., Ziegler, V., de Oliveira Raphaelli, C. y de Oliveira, M. 2019. Changes in the chemical composition and bioactive compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) fortified by germination. Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie. Food Science and Technology. 111: 363-369.
- Gerardo-Rodríguez, J.E., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P.I., Ledesma-Osuna, A.I., Carvajal-Millan, E., López-Cervantes, J., Vásquez-Lara, F. y Silvas-García, M.I. 2019. Viscoelastic characteristics of part-baked bread under different process conditions. Biotecnia. 21: 1, 68-78.
- Godínez, J.R. y Sánchez, J.E.O. 2020. Aplicación de una prueba triangular en muestras de alimentos. Boletín Científico de las Ciencias Económicas Administrativas del ICEA. 9: 17, 15-17.
- Guardado-Félix, D., Lazo-Vélez, M.A., Pérez-Carrillo, E., Panata-Saquicili, D.E. y Serna-Saldívar, S.O. 2020. Effect of partial replacement of wheat flour with sprouted chickpea flours with or without selenium on physicochemical, sensory, antioxidant and protein quality of yeast-leavened breads. Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie. Food Science and Technology. 129:109517.
- Guerrero Segura, D.C. y Llerena Carrera, C.A. 2015. Efecto del tiempo de germinación en las características reológicas de la masa de pan con harina de arroz variedad INIAP XV. Trabajo final para la obtención del título: Ingenieros de Alimentos. Espol Fimcp, Guayaquil. 82.
- Jekle, M., Fuchs, A. y Becker T. 2018. A normalized texture profile analysis approach to evaluate firming kinetics of bread

- crumbs independent from its initial texture. *Journal of Cereal Science*, 81, 147-152.
- Kaur, R. y Prasad, K. 2021. Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*) - A review. *Trends in Food Science y Technology*. 109, 448-463.
- King, J., Leong, S.Y., Alpos, M., Johnson, C., McLeod, S., Peng, M., Sutton, K. y Oey, I. 2024. Role of food processing and incorporating legumes in food products to increase protein intake and enhance satiety. *Trends in Food Science y Technology*. 147: 104466.
- Kotsiou, K., Sacharidis, D.-D., Matsakidou, A., Biliaderis, C. G. y Lazaridou, A. 2022. Physicochemical and functional aspects of composite wheat-roasted chickpea flours in relation to dough rheology, bread quality and staling phenomena. *Food Hydrocolloids*. 124:107322.
- Magaña-Barajas, E., Ramírez-Wong, B., Platt-Lucero, L., López-Ahumada, G., Torres, P., Sánchez, I. y Machado, D. 2009. Características viscoelásticas de la masa procedente de cultivares de trigo blando. *Tecnología. Ciencia y Educación*. 24, 12-22.
- Mao, H., Yuan, S., Li, Q., Zhao, X., Zhang, X., Liu, H., Yu, M. y Wang, M. 2024. Influence of germination on the bioactivity, structural, functional and volatile characteristics of different chickpea flours. *Food Chemistry: X*. 21: 101195.
- Mazón, N.V.C., Yacelga, J.C.S., Machado, E.R.R., Murillo, P.L.G. y Mena, M.E.C. 2018. Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*. 4: 3, 253-263.
- Meilgaard, M.C., Thomas Carr, B. y Civille, G.V. 2006. *Sensory Evaluation Techniques*, Fourth Edition. CRC Press. ISBN-13: 978-0-8493-3839-7.
- Mohammed, I., Ahmed, A.R. y Senge, B. 2014. Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. *Journal of Food Science and Technology*. 51:9, 1902-1910.
- Pavlovich-Abril, A., Rouzaud-Sández, O., Torres, P. y Robles-Sánchez, R.M. 2012. Cereal bran and wholegrain as a source of dietary fibre: technological and health aspects. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Early Online. 1-11.
- Sciarini, L.S., Steffolani, M.E. y León, A.E. 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.
- Sofi, S.A., Singh, J., Muzaffar, K., Mir, S.A. y Dar, B.N. 2020. Effect of germination time on physico-chemical, functional, pasting, rheology and electrophoretic characteristics of chickpea flour. *Journal of Food Measurement y Characterization*. 14:5, 2380-2392.
- Sofi, S.A., Rafiq, S., Singh, J., Ahmad Mir, S., Sharma, S., Bakshi, P., McClements, D.J., Khaneghah, A.M. y Dar, B.N. 2023. Impact of germination on structural, physicochemical, techno-functional, and digestion properties of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour. *Food Chemistry*. 405: 135011.
- Soto Toloza, E.P., Mora Acevedo, S.N. y Caballero Pérez, L.A. 2024. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L) en las características sensoriales de una galleta dulce. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. 14:1, 39-54.
- Suliman, A., Moneim, E., Enas, A. y Sinada Y Ali, O. 2013. Quality characteristics of wheat bread supplemented with chickpea (*Cicer arietinum*) flour. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineer Ing*. 3:5: 85-90.
- Teixeira, R., da Silva, S.C., Sousa Silva, L., da Silva, W.A., Arruda Gonçalves, A.C., Vieira Pires, C., Dias Martins, A.M., Hidalgo Chávez, D.W., Machado Trombete, F. 2020. Whole chickpea flour as an ingredient for improving the nutritional quality of sandwich bread: Effects on sensory acceptance, texture profile, and technological properties. *Revista Chilena de Nutrición*. 47: 6: 933-940.
- Torres-González, M.P., Jiménez-Munguía, M.T. y Bárcenas-Pozos, M.E. 2014. Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*. Vol. 8 - 1: 94-102.
- Vásquez Castillo, G.M. y Matos-Chamorro, A. 2009. Evaluación de algunas características fisicoquímicas de harina de trigo peruano en función a su calidad panadera. *Revista de Investigación Universitaria*. 1:1.
- Fon Fay Vásquez, F.M. y Fernández-Zumbado, H. 2019. Análisis proximal en alimentos. *Fundamentos teóricos y técnicas experimentales*. Editado por Colloquium. Primera edición. ISBN: 978-9942-814-28-9.
- Villanueva Flores, R. 2014. El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial No 32*. ISSN 1025-9929. 231-246.
- Wang, J., Li, Y., Li, A., Liu, R.H., Gao, X., Li, D., Kou, X. y Xue, Z. 2021. Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*. 150: 110790.
- Wang, Y. y Jian, C. 2022. Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making. *Npj Science of Food*. 6: 49.
- Wang, A., Zhu, Y., Zou, L., Zhao, G. y Wu, J. 2023. Development of protein-enriched biscuit based on oat-milk byproduct fortified with chickpea flour. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie. Food Science and Technology*. 177:114594.