

Sustitución parcial con harina de garbanzo extrudida en galletas de harina de trigo para mejorar cantidad y calidad proteica

Partial Substitution with Extruded Chickpea Flour in Wheat Flour Cookies to Improve Protein Quantity and Quality

Edgar Roberto Pérez-Gaytán¹, Erick Heredia-Olea², y Vicente Antonio Mirón-Mérida², Esther Pérez-Carrillo^{2*}

¹ Dirección General de Educación Tecnológica Industrial y de Servicios. Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS), Cbtis 74. Tenochtitlan S/N, Infonavit La Joya, 67160 Guadalupe, N.L., México.

² Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey. Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Tecnológico, 64700 Monterrey, N.L., México.

*Corresponding author email: perez.carrillo@tec.mx (Esther Pérez-Carrillo)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v19iEspecial.1917>

Recibido: 15 de mayo de 2025; Aceptado: 09 de agosto de 2025

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editora de Sección: Dra. Jazmín Leticia Tobías-Espinoza

Resumen

El garbanzo es conocido por su alto contenido de proteína saludable, fibra dietaria y almidón resistente, pero su uso es limitado debido a sus propiedades tecnológicas. El proceso de cocción por extrusión es un proceso eficiente con el cual se puede mejorar las propiedades tecnológicas del garbanzo. Las galletas son uno de los productos listos para comer más consumidos que pueden enriquecerse con la harina de garbanzo, incrementando el consumo de esta leguminosa. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la sustitución de la harina de trigo en la formulación de galletas, por harina de garbanzo extrudida en un 40 % sobre el contenido y digestibilidad de proteína, composición proximal, análisis de viscosímetro rápido (RVA) y textura de la galleta. La galleta con un 40 % de harina de garbanzo contiene un 73.75 % más de proteína, una mejor digestibilidad de la misma (incremento de 85 a 90 %), sin embargo, tiene un menor índice de expansión, siendo más frágil (45 %), pero al mismo tiempo más dura (7 %) que la galleta de trigo después de 12 días de almacenamiento. La sustitución de harina de trigo refinada por harina de garbanzo extrudida genera una galleta que es fuente de proteína de buena digestibilidad con una buena textura por lo que puede ser un snack adecuado para niños y adolescentes.

Palabras clave: proteína, garbanzo, digestibilidad de proteína, galleta, extrusión.

Abstract

Chickpeas are known for their high content of healthy protein, dietary fiber, and resistant starch, but their use is limited due to their technological properties. The extrusion cooking process is an efficient way to improve the technological properties of chickpeas. Cookies are one of the most consumed ready-to-eat products that can be enriched with chickpea flour, increasing the consumption of this legume. The objective of this research is to evaluate the effect of replacing wheat flour in cookie formulations with 40 % extruded chickpea flour on protein content and digestibility, proximate composition, RVA, and textural life of the cookie. Cookies with 40 % chickpea flour have 73.75 % more protein with better digestibility (increasing from 85 to 90 %), a lower cookie expansion index, but a textural life similar to that of wheat cookies. Replacing refined wheat flour with 40 % extruded whole chickpea flour produces a biscuit that is a source of easily digestible protein with a good textural shelf life, making it a suitable snack for children and teenagers.

Keywords: protein, chickpea, protein digestibility, biscuit, extrusion

1. Introduction

El cultivo de garbanzo es resistente al estrés hídrico, además de los bajos insumos que requiere debido a que es una planta fijadora de nitrógeno, convirtiéndolo en una excelente opción para producción de granos en condiciones de sequía, uno de los efectos más frecuentes del cambio climático (Vargas-Blandino y Cárdenas-Travieso, 2021). Por lo que el garbanzo es un cultivo de gran importancia para el Noroeste de México, debido a su alta capacidad de adaptación a altas temperaturas y sequía (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024). Además, las proteínas de garbanzo son ricas en aminoácidos esenciales con excepción de los sulfurados. El principal carbohidrato es almidón seguido de fibra dietaria, oligosacáridos y monosacáridos como glucosa. También se le atribuyen beneficios nutraceuticos en relación con padecimientos como diabetes tipo 2, obesidad, alta presión sanguínea, problemas digestivos y algunos tipos de cáncer (Herrera y González de Mejía, 2021).

Por otra parte, el mercado de galletas en México se encuentra constituido por el 99.7 % de los hogares del país, que consume en promedio 12 kg al año por hogar, monto que puede ascender hasta 23 kg. Este mercado está creciendo debido a la necesidad de alimentos envasados por parte de los mexicanos a causa del agitado estilo de vida y el mayor interés por los alimentos listos para consumir (Coria-Paez et al., 2021). Las galletas han recibido atención en los últimos tiempos como medio para la entrega de compuestos bioactivos (Goubgou et al., 2021). El enriquecimiento de galletas con otras fuentes de proteínas como las leguminosas ha recibido atención, debido a que las leguminosas son altas en proteínas que contienen aminoácidos esenciales ausentes en las proteínas de cereales. El uso de estas harinas compuestas se ha vuelto popular por la ventaja económica y nutricional que representa (Feyera, 2020). En este contexto, el garbanzo ha sido ampliamente estudiado como alternativa con resultados positivos en cuanto a contenido de proteína, reducción de carbohidratos y el aporte de fitoquímicos (Delgado-Andrade et al., 2024; Felisiak et al., 2024). También se ha observado que se puede tener una buena aceptación sensorial en niveles de sustitución hasta del 30 % en galletas dulces (Soto-Tolosa et al., 2023). Sin embargo, uno de los retos más importantes es la eliminación de compuestos anti nutritivos, mantener o incluso mejorar la digestibilidad de proteína y la calidad en términos de textura. Se han realizado aplicaciones de fermentaciones lácticas,

germinación y cocción previos a la generación de las harinas utilizadas en galletas, para tener un mejor efecto asociado con textura y sabor (Dai et al., 2024; Wang et al., 2024). La extrusión termoplástica de garbanzo es una tecnología que se considera altamente eficiente. Trabajos previos han mostrado que bajo condiciones adecuadas de extrusión el almidón se gelatiniza parcialmente, se incrementa la solubilidad de proteínas y la capacidad de absorción de agua lo cual implica propiedades tecnológicas diferentes para la producción de botanas y harinas (Silvestre-De León et al., 2020; Delgado-Murillo et al., 2023; Liu et al., 2025).

El gobierno de México define como una alimentación saludable aquella que proporciona los componentes nutrimentales que las personas necesitan para mantener una buena salud. Una buena alimentación ayuda a prevenir la desnutrición, la obesidad, así como otras enfermedades como la diabetes. Actualmente, la población mexicana presenta una doble carga de problemas de nutrición, la obesidad y la desnutrición (Secretaría de Salud, 2024). La utilización de harina de garbanzo extrudida bajo condiciones que mejoran la digestibilidad de proteína puede utilizarse para sustituir la harina de trigo en un 40 % en galletas, sin afectar la calidad de la galleta, mejorando el aporte proteico en términos de calidad y cantidad. Con base en esto, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la sustitución de la harina de trigo por un 40 % de harina de garbanzo extrudida en la elaboración de galletas, sobre la composición proximal, digestibilidad in vitro de proteína, perfil de RVA y vida textural por 5 y 12 días.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

Para la elaboración de las galletas se utilizó harina de trigo, harina de garbanzo extrudida de acuerdo a lo reportado por Silvestre de León *et al.* (2020), empleando un extrusor de dos tornillos corrotatorios de 30 mm de diámetro (BTSM-30, Bühler AG, Uzwil, Switzerland) configurados como se indica por Cortés-Ceballos et al. (2015). Se trabajó una alimentación de sólidos y una humedad de los sólidos de 31.95 kg/h y 22.5 %, respectivamente a 580 rpm, el material se seco hasta 10 % de humedad para posterior molienda utilizando un molino de martillos con malla de 2 mm. Los otros ingredientes utilizados fueron bicarbonato de sodio, sal, estearoil lactilato de sodio (SSL), huevo en polvo entero, lecitina de soya y vainilla en las proporciones utilizadas en el estudio de De la Rosa-Millán et al. (2017). Se llevaron a cabo pruebas preliminares con sustituciones de 10, 20, 30, 40 y 50 % de harina de trigo por harina de garbanzo extrudida para verificar el nivel máximo en que se tiene aceptación sensorial por 100 jóvenes en la edad de 15-18 años. También se realizó una evaluación económica para verificar cuál era el mayor nivel en el cual no se incrementará el precio ya que se busca llegar a población con pocos recursos. Como resultado de esta etapa preliminar se seleccionaron dos formulaciones con solo harina de trigo (control) y con una sustitución de 40 % de harina de trigo refinada por la harina de garbanzo extrudida. De cada tratamiento se elaboraron tres lotes. Las formulaciones se encuentran resumidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones evaluadas en la producción de galletas de trigo 100 % y galletas de harina compuesta trigo 60 % garbanzo 40 % (base húmeda).

Table 1. Formulations evaluated to produce wheat biscuits 100 % and wheat:chickpea 60:40 biscuits (moisture basis)

Ingredientes	Trigo 100	Trigo:Garbanzo 60:40
Harina de trigo	41.1 %	24.6 %
Harina de garbanzo		16.4 %
Bicarbonato de sodio	0.6 %	0.6 %
Sal	0.4 %	0.4 %
SSL	0.1 %	0.1 %
Huevo	20.5 %	20.5 %
Lecitina	0.1 %	0.1 %
Vainilla	0.2 %	0.2 %
Agua	12.3 %	12.3 %
Azúcar	16.4 %	16.4 %
Mantequilla	8.2 %	8.2 %

2.2 Métodos

Procedimiento Experimental

Se caracterizaron las mezclas de harinas en términos de viscosidad. Para el perfil viscoamilográfico se utilizó un viscosímetro rápido (RVA) con una suspensión de 7 % sólidos, se sometió a un perfil de calentamiento de 50 a 95 °C en 3.5 min, se mantuvo a 95 °C durante 5 min y se enfrió en 3.5 min a 50 °C, se mantuvo a esta temperatura durante 5 min, esto de acuerdo con el método oficial internacional 76-21-02 de la AACC.

Para la elaboración de las galletas se pesaron todos los ingredientes de forma separada y posteriormente se mezclaron en una batidora KitchenAid (Empire Red 7.5 L) por 15 minutos a velocidad media utilizando un aditamento de paleta. Posteriormente la masa obtenida se laminó a un grosor de 2 cm y se cortó en forma de círculo con molde metálico de un diámetro de 10 cm. Se hornearon en un horno Electrolux a 190 °C por 14 minutos. Se dejaron enfriar a 25 °C y posteriormente se empacaron en bolsa de celofán para su almacenamiento a 25 °C por 12 días.

En cuanto a calidad del producto terminado, se llevó a cabo la caracterización en términos de color en la escala CIELAB (L^* , a^* , b^*), con un espectrofotómetro Minolta (Modelo CM-600d). El índice de expansión se calculó como la relación del diámetro dividido por el grosor de la galleta. Para la digestibilidad “*in vitro*” de proteína se llevó de acuerdo a Hsu et al. (1977), para ello se generó una suspensión acuosa de 6.25 mg de proteína por 1 mL, la cual se ajustó a un pH de 8.0 y posteriormente se adicionó 5 mL de una solución multienzimática (1.6 mg/mL tripsina, 3.1 mg/mL quimiotripsina y 0.8 mg/mL peptidasa) la mezcla se incubó a 37 °C y se monitoreó el pH durante 10 minutos. En cuanto a composición proximal: proteína, humedad, cenizas, fibra cruda y extracto etéreo bajo la normas NOM-F-68-S-1980, NMX-F-083-1986, NMX-F-066-S-1978 NOM-F-090-S-1978 y NMX-F-089-S-1978, respectivamente. En cuanto a calidad, se determinaron cambios en textura a través del tiempo, a los días 0, 5 y 12 días de almacenamiento de acuerdo a lo descrito por De la Rosa-Millán et al. (2017), para ello se utilizó un texturómetro TA.XT2 (Stable Micro System Ltd, Surrey, UK) con una sonda de metal de 3 mm de diámetro. La velocidad de la prueba fue de 1 mm/s y se determinó la dureza (valor máximo en que se rompe la galleta) y fracturabilidad (valor en que se empieza a romper la galleta). Se llevaron a cabo 5 réplicas (galletas) por cada tratamientos cada día de muestreo. Adicionalmente, a los 12 días se se llevó a cabo un análisis microbiológico en términos de mesofílicos totales, coliformes totales y, hongos y levaduras en conformidad con las NOM-092-SSA1-1994, NOM-113-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994, respectivamente.

Diseño experimental y análisis de datos

Para este trabajo se estableció un diseño experimental en el cual se compararon galletas elaboradas a base de 100 % harina de trigo contra galletas elaboradas con una sustitución del 40 % de la harina de trigo por harina de garbanzo extrudida. El nivel de sustitución se decidió previamente en una prueba donde se evaluó la factibilidad técnica y percepción sensorial general en sustituciones del 10, 20, 30, 40 y 50 % de harina de trigo por harina de garbanzo extrudida. Se realizaron pruebas para validar que los datos fueran paramétricos (normalidad, homocedasticidad e independencia). Se utilizó una prueba t de Student para comparación de dos medias de datos y para tres medias o más se realizó ANOVA con un valor de significancia p de 0.05. La determinación de diferencia de medias fue hecha utilizando la prueba de Tukey de comparación de medias. Para todas las pruebas estadísticas se utilizó el programa MINITAB® 21. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado, con excepción de textura que fueron 5 réplicas por día de almacenamiento por tratamiento.

3. Resultados and discusión

En lo que respecta al perfil de RVA (Fig. 1) de las harinas utilizadas para las formulaciones, se observa un efecto importante en el valor máximo de viscosidad en caliente y también en frío. En la etapa inicial y los primeros 60 segundos de calentamiento, no se observa diferencia en el perfil de viscosidad de ambas harinas, es decir la movilización del agua al interior de la molécula de almidón, así como la unión con otros componentes no presenta mayor diferencia (Balet et al., 2019). La reducción en el valor de viscosidad en caliente de 2169 cp en el tratamiento 100 % harina trigo (control) a 1135 cp en el tratamiento 60:40 trigo:garbanzo extrudido se puede explicar debido a que por la extrusión se modifica tanto la proteína como el almidón presente en el garbanzo (Silvestre-De León et al., 2020), teniendo una mayor afinidad por el agua en comparación con la harina de trigo,

por lo que el almidón de la harina de trigo no puede absorber la suficiente agua para ser gelatinizada completamente (Lu et al., 2022). En la harina de trigo se puede observar el pico de viscosidad en caliente que posteriormente cae durante el calentamiento, este fenómeno está vinculado con la fundición de los cristales aún presentes en el gránulo de almidón. De acuerdo a Silvestre-De León et al. (2020), durante la extrusión de garbanzo se generan zonas más amorfas en el almidón lo que representa un mayor contenido de almidón resistente debido al tratamiento de extrusión, lo que explica la ausencia de esta caída de viscosidad en esta mezcla de harinas. También se puede observar una menor viscosidad en frío, lo que representa una menor tendencia de este almidón al retrogradarse (Balet et al., 2019).

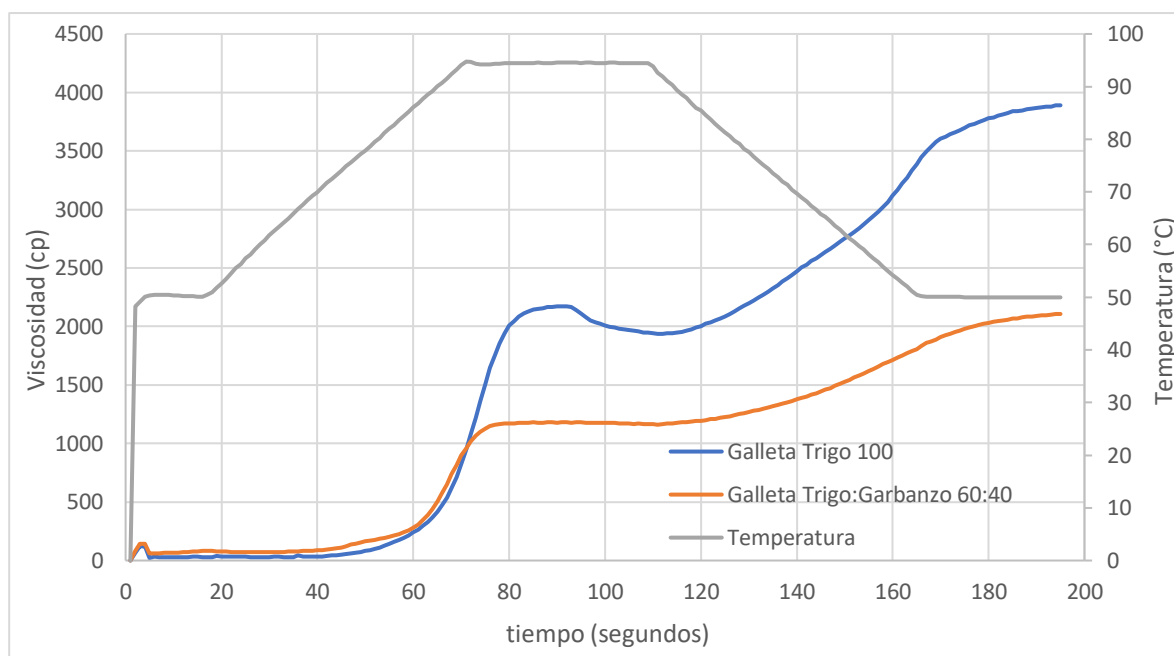


Figura 1. Perfil RVA (Rapid visco-analyser) de harina de trigo 100 % y harina compuesta trigo:garbanzo extrudido 60:40

Figure 1. RVA (Rapid visco-analyser) profile of only wheat flour (trigo 100) and composite flour wheat:extrudate chickpea 60:40

En la Tabla 2 se presentan los resultados de color de las galletas con sustitución del 40 % con harina de garbanzo encontrándose una reducción del valor de luminosidad y el valor de a^* , pero un incremento en el valor de b^* . El efecto en color por la sustitución por harina de garbanzo extrudida es similar a lo reportado por Felisiak et al. (2024) y Soto-Tolosa et al. (2023). Los valores de a^* y b^* de ambas galletas se encuentran en el espacio de tendencia entre rojo y amarillo, respectivamente, dando lugar a que al utilizar la harina de garbanzo se genere una galleta que tiende menos al color rojo y más al color amarillo. Esto es debido a que la harina de garbanzo es color amarillo pálido o claro, a diferencia de la harina de trigo que es una harina blanca, esto también tiene efecto en la luminosidad del color, obteniéndose una galleta más oscura. Se observa también una reducción en

el índice de expansión de las galletas al adicionar la harina de garbanzo extrudido. Yamsaengsung et al. (2012), reportó un efecto similar en galleta al utilizar harina de garbanzo. La reducción del índice de expansión debido a la adición de la harina de garbanzo extrudida se puede presentar por el mayor contenido de proteínas, que tienen una mayor capacidad de retener agua (Kumar et al., 2017). Una combinación de harinas da lugar a diferentes capacidades de absorción de agua y formación de agregados, como resultado los sitios hidrofílicos compiten por el agua dando lugar a una reducción del índice de expansión (Arepally et al., 2020).

Tabla 2. Resultados de medición de color, índice de expansión, composición proximal (base seca) y digestibilidad *in vitro* de proteína de galletas elaboradas con trigo 100 % y harina compuesta trigo:garbanzo 60:40.

Table 2. Color, expansion index, proximate composition and *in vitro* protein digestibility of biscuits made with 100 % wheat flour and 60:40 wheat:chickpea composite flour

Parámetro	Trigo 100	Trigo:Garbanzo 60:40
Color		
L^*	65.21 ^a ±0.40	58.21 ^b ±0.46
a^*	8.55 ^a ±0.36	7.55 ^b ±0.43
b^*	16.90 ^b ±0.28	26.90 ^a ±0.36
Índice de Expansión	6.78 ^a ±0.06	4.65 ^b ±0.04
Humedad %	4.00 ^a ±0.40	4.00 ^a ±0.32
Grasas %	13.16 ^a ±0.40	13.04 ^a ±0.40
Fibra cruda %	0.40 ^a ±0.06	0.45 ^a ±0.03
Cenizas %	1.00 ^b ±0.06	1.30 ^a ±0.03
Proteína %	8.00 ^b ±0.12	13.90 ^a ±0.36
Extracto Libre de Nitrógeno	73.44 ^a ±0.36	67.31 ^b ±0.26
Digestibilidad de proteína <i>in vitro</i> %	85.87 ^b ±0.28	90.16 ^a ±0.46

Letras diferentes en la misma fila representan diferencia estadística a un valor $p < 0.05$

En cuanto a los resultados del análisis proximal, no se observa diferencia significativa, con excepción del incremento en el contenido de cenizas y proteínas totales. Felisiak et al. (2024) observó una relación lineal en el aumento de contenido de cenizas en galletas relacionado con el incremento en el uso de harina de garbanzo en su formulación. El aumento de cenizas se explica por el proceso de elaboración de la harina de garbanzo, ya que esta proviene del grano entero extrudido y

posteriormente molido utilizando tamiz malla 2 mm (Silvestre-de León et al., 2020), a diferencia del proceso comercial de producción de harinas refinadas que involucra varias etapas para asegurar retirar el salvado. Se puede observar también un incremento en el contenido (73.75 %) y la digestibilidad de la proteína. La relación del incremento en el contenido de proteína es similar a lo ya reportado por Felisiak et al. (2024), Lu et al. (2022) y Chavez-Murillo et al. (2021), al utilizar harina de garbanzo en galletas. Sin embargo, adicional al incremento en la cantidad de proteína uno de los retos más importantes cuando se utilizan leguminosas es asegurar la eliminación de factores antinutricionales como son los inhibidores de tripsina. Los resultados presentados en cuanto a digestibilidad de proteína muestran que el tratamiento previo de extrusión, tiene un efecto favorable ya que se logró incrementar la digestibilidad de la proteína presente en la galleta con garbanzo de 85 % a 90 %, similar a lo reportado por Chavez-Murillo et al. (2021) con harina de garbanzo tratada con calor. Esto se debe a la desnaturalización de las proteínas durante los procesos de extrusión y tratamiento térmico, desactivando los inhibidores de tripsina y generando estructuras más desordenadas que implican un acceso más fácil para las proteasas (Silvestre-De León et al., 2020). La baja digestibilidad de la proteína en la galleta que se elabora solo con trigo se puede asociar con la reacción de Maillard ya que, durante ésta, se reduce la disponibilidad de lisina (Köksel y Gökmen, 2008). Otro aspecto importante en relación al incremento en el contenido de proteína en el sistema, con base en lo indicado por Lu et al. (2022) y Chavez-Murillo et al. (2021) y es que las proteínas forman una red que atrapa el almidón y esto reduce el contacto del mismo con la enzima amilasa, reduciendo así su digestibilidad, pudiendo de esta forma beneficiar no solo en términos de cantidad de proteína, sino también de índice glicémico del producto. En el caso de la galleta sustituida con 40 % harina de garbanzo extrudida el 12 % de sus calorías provienen de proteínas por lo que de acuerdo con la definición Parlamento Europeo (2006), se considera que un alimento “fuente de proteína”, lo cual la convierte en una alternativa adecuada para ser considerada como merienda o almuerzo para niños en edad escolar.

Al realizar el estudio de vida textural de las galletas, en la Tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos en términos de dureza y fracturabilidad. Las galletas de trigo:garbanzo son menos firmes al momento de la elaboración pero presentan un incremento de la dureza a los 5 y a los 12 días de almacenamiento. La galleta de trigo solo presenta un cambio del día 0 a los 5 pero entre 5 y 12 días no presenta cambios en su dureza, en tanto que las galletas con garbanzo presentan un aumento significativo a lo largo del tiempo de almacenamiento. En cuanto a la fracturabilidad la galleta solo de trigo es más difícil de desmoronarse y este valor se mantiene constante a lo largo de su almacenamiento, en tanto que la galleta de trigo con garbanzo es más frágil y tiende a aumentar la fuerza necesaria a lo largo del almacenamiento, pero sin alcanzar los valores de la galleta elaborada solo con harina de trigo. En el caso del cambio de textura en la galleta de solo trigo entre el día 0 y los 5 días, está regido por fenómenos de transición de fase como es la retrogradación del almidón y que tomando en cuenta lo reportado para RVA de estas harinas en la Fig. 1, cuando solo se utiliza trigo se tiene una harina con un almidón con mayor valor de retrogradación (Romani et al., 2016). Sin embargo, debido a la baja cantidad de agua disponible para reacción y el empaque adecuado, el producto no presenta más cambios en textura en este rango de tiempo. En el caso de la galleta de garbanzo:trigo, además de la retrogradación de almidón, por la presencia de proteína se presentan otros mecanismos durante el almacenamiento. A diferencia del trabajo realizado por Delgado-Andrade et al. (2024), Felisiak et al. (2024) y Lu et al. (2022), donde la adición de harina de garbanzo sin pretratamiento incrementa la dureza de la galleta en el día 0, el uso de la harina de garbanzo extrudido genera una galleta más suave y frágil. Este efecto inverso por la utilización de un material extrudido se puede asociar con la modificación a la estructura de las proteínas (Silvestre-De León et

al., 2021). El incremento en la dureza de los productos ricos en proteína como barras, se ha asociado entre otros factores con la migración del agua, al igual que a la formación de agregados proteicos, una de las propuestas para la reducción de este efecto es la utilización de proteínas parcialmente hidrolizadas (Jiang et al., 2021). Es importante considerar que, aún cuando las galletas son productos de larga vida de anaquel, en los estudios previamente mencionados no hay reportes sobre la vida de anaquel de galletas con harina de garbanzo. En términos de estabilidad microbiológica, a los 12 días la cuantificación de mesófilos, hongos y coliformes en ambos casos, salieron dentro de norma <100, <10 y ausencia, respectivamente.

Tabla 3. Firmeza y fracturabilidad de galletas elaboradas con 100 % harina de trigo y harina compuesta trigo:garbanzo 60:40 a los 0, 5 y 12 días a 25 °C.*

Table 3. Hardness and fracturability of biscuits made with 100 % wheat flour and 60:40 wheat:chickpea composite flour at 0, 5 and 12 days at 25 °C.*

Tratamiento	Dureza (g.f.s)			Fracturabilidad (g.f.s)		
	Día 0	Día 5	Día 12	Día 0	Día 5	Día 12
Trigo 100	2754.9 ^{aB}	3171.4 ^{aA}	3102.9 ^{aA}	2469.24 ^B	2762.9 ^{aA}	2732.4 ^{aA}
Trigo:Garbanzo 60:40	2142.6 ^{bC}	3029.0 ^{aB}	3328.2 ^{aA}	978.5 ^{bC}	1345.2 ^{bB}	1494.2 ^{bA}

* Letras minúsculas en la misma columna representan diferencia entre tratamientos el mismo día y letras mayúsculas en la misma fila representan diferencias entre días de almacenamiento del mismo tratamiento en relación con la variable correspondiente (dureza o fracturabilidad) con un valor $p < 0.05$.

* Lowercase letter in the same column represent difference between treatments, and capital letter in the same row represent differences between storage days of the same treatment with a p-value < 0.05.

4. Conclusiones

La extrusión del grano de garbanzo es una tecnología que permite generar una harina que puede ser utilizada para sustituir en un 40 % la harina de trigo en galletas. Si bien reduce el valor de índice de expansión en la galleta, da lugar a un producto con la misma estabilidad microbiológica en un tiempo de almacenamiento de 12 días. Es una galleta 45 % más frágil y 7 % más dura que una galleta de trigo después de 12 días de almacenamiento, pero con 5 % más de digestibilidad proteica, 75 % más de proteína y el 12 % de sus calorías provienen de estas proteínas por lo que se puede considerar buena fuente de proteína. Esta galleta puede ser una opción fuente de proteína para consumo en almuerzo o merienda para niños o adolescentes.

Conflicto de interés

Los involucrados en la presente investigación y los resultados obtenidos de la misma, declaramos no tener ningún conflicto de interés real, potencial o evidente en relación con la ejecución de ningún proyecto.

5. Referencias

- AACC. (2017). Method 76-21-02 General pasting method for wheat or rye Flour of starch using the Rapid Visco Analyser. AACC International Approved Methods. St. Paul, MN. <https://doi.org/10.1094/aaccintmethod-76-21.01>
- Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., & Datta, A. K. (2020). Biscuit baking: A review. *LWT*, 131, 109726. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109726>
- Balet, S., Guelpa, A., Fox, G., & Manley, M. (2019). Rapid Visco Analyser (RVA) as a tool for measuring starch-related physiochemical properties in cereals: A review. *Food Analytical Methods*, 12, 2344-2360. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01581-w>
- Chavez-Murillo, C. E., Aceves-Flores, M. S., Verástegui-Quevedo, M., & De la Rosa-Millán, J. (2021). sInfluence of starch and protein molecular interactions on the *in vitro* digestion characteristics of biscuits partially substituted with pulse flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 56 (7), 3388–3399. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14963>
- Coria-Páez, A. L., Galicia-Haro, E. F., & Ortega-Moreno, I. C. (2021). Innovación y competitividad en el sector alimentario en tiempos de COVID-19: Alimentos funcionales nuevas oportunidades de negocio. *Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad*, 14 (14). <https://riico.net/index.php/riico/article/view/1937>
- Cortés-Ceballos, E., Perez-Carrillo, E., & Serna-Saldivar, S. O. (2015). Addition of Sodium Stearoyl Lactylate to Corn and Sorghum Starch Extrudates Enhances the Performance of Pregelatinized Beer Adjuncts. *Cereal Chemistry*, 92 (1), 88-92. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-14-0017-CESI>
- Dai, Y., Liu, Y., Zhu, S., Li, Y., & Huang, D. (2024). Lactobacillus fermented chickpeas: Improving dough process quality and biscuit nutritional value. *Food Bioscience*, 62, 105404. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105404>
- De la Rosa-Millán, J., Perez-Carrillo, E., Guajardo-Flores, S. (2017). Effect of germinated black bean cotyledons (*Phaseolus vulgaris*) as an extruded flour ingredient on physicochemical characteristics “in vitro” digestibility starch and protein of nixtamalized blue maize cookies. *Starch*, 69(3-4), 1600085. <https://doi.org/10.1002/star.201600085>
- Delgado-Murillo, S. A., Zazueta-Morales, J. de J., Quintero-Ramos, A., Castro-Montoya, Y. A., Ruiz-Armenta, X. A., Limón-Valenzuela, V., & Delgado-Nieblas, C. I. (2024). Efecto del proceso de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas, y de cocción de pastas libres de gluten elaboradas a partir de harinas de arroz quebrado y garbanzo. *Biotechnia*, 26, e2142. <https://biotechnia.unison.mx/index.php/biotechnia/article/view/2142>
- Delgado-Andrade, C., Olías, R., Marín-Manzano, M. C., Seiquer, I., & Clemente, A. (2024). Chickpea Seed Flours Improve the Nutritional and the Antioxidant Profiles of Traditional Shortbread Biscuits: Effects of In Vitro Gastrointestinal Digestion. *Antioxidants*, 13(1), 118. <https://doi.org/10.3390/antiox13010118>

- Felisiak, K., Przybylska, S., Tokarczyk, G., Tabaszewska, M., Słupski, J., & Wydurska, J. (2024). Effect of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flour Incorporation on Quality, Antioxidant Properties, and Bioactive Compounds of Shortbread Cookies. *Foods*, 13(15), 2356. <https://doi.org/10.3390/foods13152356>
- Feyera, M. (2020). Review on some cereal and legume based composite biscuits. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 6(2), 101-109. <https://doi.org/10.17352/2455-815X.000062>
- Goubgou, M., Songré-Ouattara, L. T., Bationo, F. Lingani-Sawadog, H., Traoré Y., & Savadogo A. (2021). Biscuits: a systematic review and meta-analysis of improving the nutritional quality and health benefits. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3, 26. <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00071-z>
- Herrera A, C., & Gonzalez de Mejia, E. (2021). Feasibility of commercial breadmaking using chickpea as an ingredient: Functional properties and potential health benefits. *Journal of Food Science*, 86(6), 2208-2224. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15759>
- Hsu, H. W., Vavak, D. L., Satterlee, L. D., & Miller, G. A. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science*, 42(5), 1269-1273. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb14476.x>
- Jiang, Y., Li, D., Tu, J., Zhong, Y., Zhang, D., Wang, Z., & Tao, X. (2021). Mechanisms of change in gel water-holding capacity of myofibrillar proteins affected by lipid oxidation: The role of protein unfolding and cross-linking. *Food Chemistry*, 344, 128587. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128587>
- Köksel, H., & Gökmen, V. (2008). Chemical reactions in the processing of soft wheat products. In: Gülüm-Sumnu, S., & Sahin, S. (Eds). *Food engineering aspects of baking sweet goods*. (pp. 49-80). CRC Press. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781420052770_A25106650/preview-9781420052770_A25106650.pdf
- Kumar, K. A., Sharma, G. K., Khan, M. A., & Semwal, A. D. (2016). A study on functional, pasting and micro-structural characteristics of multigrain mixes for biscuits. *Journal of Food Measurement and Characterization* 10, 274–282. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9304-5>
- Liu, K., Ao, X., Jiang, P., Fu, B., Qi, L., Wen, C., & Shang, S. (2025). Effects of dry heating and extrusion on physicochemical properties, in vitro digestibility and instant properties of rice, chickpea, and oat flour. *Food Bioscience*, 69, 106929. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106929>
- Lu, L., He, C., Liu, B., Wen, Q., & Xia, S. (2022). Incorporation of chickpea flour into biscuits improves the physicochemical properties and in vitro starch digestibility. *LWT*, 159, 113222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113222>
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos.
- NMX-F-083-1986 Alimentos-Determinación de humedad en productos alimenticios. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de julio de 1986.

- NMX-F-089-S-1978 Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de noviembre de 1978.
- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994 Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994 Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de agosto de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-F-68-S-1980. Alimentos Determinación de Proteínas, (esta Norma cancela la NOM-F-68-1977).
- NORMA Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978 Determinación de Fibra Cruda en Alimentos.
- Parlamento Europeo (2006). Reglamento (CE) No. 1924/2006 Del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables de los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea L 404 de 30 de diciembre de 2006. <https://www.boe.es/doue/2006/404/L00009-00025.pdf>
- Romani, S., Rocculi, P., Tappi, S., & Dalla Rosa, M. (2016). Moisture adsorption behavior of biscuit during storage investigated by using a new Dynamic Dewpoint method. *Food Chemistry*, 195, 97-103. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.114>
- SADR, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2024). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolló la variedad Seri como una opción de siembra para las regiones productoras del noroeste y centro-occidente de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/presentan-garbanzo-mexicano-resistente-a-sequia-y-enfermedades?idiom=eS>
- Silvestre-De León, R., Espinosa-Ramírez, J., Heredia-Olea, E., Pérez-Carrillo, E., & Serna-Saldívar, S. O. (2020). Biocatalytic degradation of proteins and starch of extruded whole chickpea flours. *Food and Bioprocess Technology* 13, 1703-1716. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02511-z>
- Soto-Toloza, E. P., Mora-Acevedo, S. N., & Caballero-Pérez, L. A. (2023). 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. <https://doi.org/10.24054/raaas.v14i1.2747>
- SSA, Secretaría de Salud (2024). Alimentación saludable. <https://www.gob.mx/salud/en/articulos/alimentacion-saludable#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Encuesta,poblaci%C3%B3n%20infantil%20es%20del%2038.2%25>

- Vargas-Blandino, D., & Cárdenas-Travieso, R. M. (2021). Cultivo del garbanzo, una posible solución frente al cambio climático. *Cultivos Tropicales*, 42(1), e09. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1583>
- Wang, X., Lu, L., Hayat, K., & Xia, S. (2024). Effect of chickpea thermal treatments on the starch digestibility of the fortified biscuits. *Food Bioscience*, 61, 104794. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104794>
- Yamsaengsung, R., Berghofer, E., & Schoenlechner, R. (2012). Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(10), 2221-2227. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03092.x>

2025 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>