

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y VALOR NUTRICIONAL DE GALLETA ELABORADA DE LENTEJA (*LENS CULINARIS*) Y ALPISTE (*PHALARIS CANARIENSIS*)

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL VALUE OF COOKIES MADE FROM LENTILS (*LENS CULINARIS*) AND CANARY SEED (*PHALARIS CANARIENSIS*)

Violeta Herrera-Enciso¹, Susana Altamirano-Romo¹, Mauricio D. García-Rosas¹, Ahuiztolt de J Joaquín-Ramos^{1*}

(1) Tecnológico Nacional de México / I. T. de Roque, Departamento de Ingenierías. Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya Guanajuato C.P. 38124, México

(*correo de contacto: ahuiztolt.jr@roque.tecnm.mx)

Recibido: 20/11/2022 - Evaluado: 29/01/2023 - Aceptado: 27/03/2023

RESUMEN

La lenteja (*Lens culinaris*), de gran calidad nutricional por su contenido de proteínas y hierro; y el alpiste (*Phalaris canariensis*), usado más como complemento casero por sus beneficios a la salud, fueron probados como materia prima para la elaboración de galletas. La harina de alpiste fue tamizada para obtener tres fracciones: mayor a 0.425 mm (C1), menor a 0.425 mm (C3) y fracción sin tamizar (C2), estas fracciones fueron usadas en complemento con pasta de lenteja para evaluar la calidad nutricional y los efectos sobre las características fisicoquímicas en masas y bocadillos. En la textura en masa destacó la adhesividad ($30 \text{ g mm}^2 \text{ s}^{-1}$) en C2 y C3. Nutricionalmente, la formulación C2, mostró 24.66 % de proteína, 30.35% de fibra y 21.25% de carbohidratos, colocándola como la formulación mejor balanceada. El probiótico *Lactobacillus rhamnosus* se desarrolló mejor a las 24 h en C3 (13×10^9 UFC/mL) valor equivalente a la media en MRS. Lo anterior sugiere que la lenteja y al alpiste son opciones viables para mejorar el aporte nutricional de los alimentos, sin embargo, las formulaciones deben ser optimizadas para mejorar la percepción sensorial de la galleta.

ABSTRACT

Lentil (*Lens culinaris*) with high nutritional quality due to its protein and iron content; and canary seed (*Phalaris canariensis*), used more as a homemade complement for its health benefits, were proposed in this research as raw material for the preparation of cookies. The bird seed flour was sieved, flour greater than 0.425 mm (C1) and flour less than 0.425 mm (C3) and unsieved flour (C2) were used to evaluate the nutritional contribution and the effects on the physicochemical characteristics in doughs and cookies. In the mass texture, the adhesiveness ($30 \text{ g mm}^2 \text{ s}^{-1}$) in C2 and C3 stands out. Nutritionally, formulation C2 showed 24.66% protein, 30.35% fiber and 21.25% carbohydrates, placing it as the best-balanced formulation. The probiotic *Lactobacillus rhamnosus* developed better at 24 in C3 (13×10^9 CFU/mL), a value equivalent to the value in the MRS medium. The above suggests that lentils and birdseed are viable options to improve the nutritional contribution of foods, however, the formulations must be optimized to improve the sensory perception of the cookie.

Palabras clave: calidad nutricional, textura, probióticos, prebióticos
Keywords: calidad nutricional, texture, probiotics, prebiotics

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos a nivel mundial es la alimentación y de acuerdo a la definición de seguridad alimentaria acuñada por la FAO, además de inocuos y nutritivos, los alimentos deben de ser proporcionados en cantidad suficiente y de fácil acceso para la población (Neven, 2014); por esta razón los consumidores han enfocado su atención a alimentos con alta calidad nutricional y con potencial beneficio a la salud (Bauer *et al.*, 2017). Los cereales tienen una gran demanda como ingredientes para la elaboración de alimentos, pues además proveer carbohidratos, proteínas y vitaminas, en su composición también cuentan con moléculas que ayudan a prevenir o aminorar el riesgo de padecer enfermedades crónico-degenerativas (Cavazos & Gonzalez de Mejia, 2013); también proveen compuestos que promueven el crecimiento de probióticos y mejoran el tránsito intestinal (Charalampopoulos *et al.*, 2002), otras moléculas de cereales, como derivados de ácido benzoico y cinámico, antocianidinas, quininas, compuestos aminofenólicos entre otros que ayudan a regular las especies reactivas de oxígeno (Masisi *et al.*, 2016); péptidos derivados de sus proteínas de reserva con actividad anticancerígena (Ortiz-Martinez *et al.*, 2014).

El alpiste (*Phalaris canariensis*) es un cereal que ha ganado importancia debido a sus características nutritivas y el potencial benéfico a la salud del consumidor (Mason *et al.*, 2018). El uso común del alpiste es como infusión de grano o harina, el potencial antioxidante y antihipertensivo de esta infusión fue analizada por Valverde *et al.* (2017), fraccionando y digiriendo las proteínas presentes demostró la presencia de péptidos bioactivos. Propiedades como la viscosidad intrínseca, viscosidad relativa, viscosidad específica, conformación molecular, voluminosidad y factor de forma fueron estudiados por Irani *et al.* (2016) con la composición de amilosa y amilopectina. Abdel-Aal *et al.* (2011), evaluaron la combinación de harina de alpiste con harina de trigo en productos de panadería y repostería, encontrando que las características nutricionales mejoraron pero el volumen específico decreció con respecto al pan elaborado con harina de trigo, por su parte Sotiles *et al.* (2015), estudiaron el efecto de una mezcla 1:1 de harinas de alpiste y banana verde en una formulación para galletas y observaron un aumento en el contenido de fibra dietética y disminución de carbohidratos y proteínas en la formulación con mayor contenido de la mezcla de harinas, por lo anterior cabe la propuesta de evaluar la harina de alpiste como un ingrediente para la preparación de productos de repostería y panadería.

La lenteja (*Lens culinaris*) es una leguminosa que puede contener hasta 25% de proteína, 19.86% de azúcares solubles, 29.01% de almidón y 3.58% de lípidos (Pal *et al.*, 2017) y con actividad antioxidante (Bubelová *et al.*, 2018), ha sido ampliamente estudiada como ingrediente base de alimentos para aportar proteína, minerales y carbohidratos, además de las propiedades funcionales que imparten estas moléculas a los alimentos (Joshi *et al.*, 2017); también ha sido evaluado el potencial prebiótico en yogurt suplementado con esta leguminosa (Agil *et al.*, 2013). Otros estudios fueron enfocados en los efectos fisiológicos y la aceptación de del consumidor de alimentos preparados a base de lenteja (Ramdath *et al.*, 2018) observando un decremento en la concentración de glucosa posprandial en sangre y en el índice glicémico en personas después de la ingesta de alimentos acompañados o suplementados con lentejas.

Los procesos y las interacciones entre la materia prima usados para la elaboración de productos alimenticios, antes o después de cocinarlos, inducen propiedades organolépticas no deseadas, en ocasiones las reacciones de Maillard producen colores y aromas no deseados (Starowicz & Zieliński, 2019); la textura de los alimentos es otra característica afectada, pues depende de las proporciones y particularidades de carbohidratos, proteínas, ácidos grasos, y cantidad de agua presentes en la formulación (Yilmaz & Karaman, 2017). Lo anterior afecta las características fisicoquímicas de los alimentos, su composición nutricional y nivel de agrado al consumidor. En este trabajo fueron estudiadas las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y el potencial prebiótico de una galleta elaborada base de lenteja y alpiste para determinar los efectos de la combinación de estos ingredientes en la matriz alimentaria y su uso en la elaboración de colaciones o botanas por los beneficios potenciales a la salud y mejora de sus características nutricionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las lentejas (*Lens culinaris*) y el alpiste (*Phalaris canariensis*) fueron adquiridos en un mercado local del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato, Mex. La mantequilla, generalmente usada para cocinar las galletas, fue reemplazada por aceite de oliva y el piloncillo molido, usado como edulcorante, fue obtenido de un supermercado local en el municipio de Celaya.

Para obtener 3 condiciones de harina de alpiste, los granos fueron procesados en una licuadora (Explorian 320, Vitamix, US) y tamizados en una malla número 40 (abertura 0.425 mm) obteniendo harina gruesa (partícula mayor 0.425 mm) principalmente la cáscara, y harina fina (partícula menor a 0.425mm). Las lentejas fueron procesadas de la siguiente manera: 200 g fueron hervidos durante 30 min; el exceso de agua fue drenado y las lentejas fueron procesadas en una licuadora (Explorian 320, Vitamix, US) hasta producir una pasta. Las harinas de alpiste y la pasta de lenteja fueron almacenados a menos de 4 ° C.

Para determinar los efectos del tamaño de partícula y la composición de la harina de alpiste sobre las características fisicoquímicas de las masas y galletas, la harina de alpiste fue usada para elaborar las siguientes formulaciones: 51.64% (m/m) de pasta de lenteja, 8.86% (m/m) de piloncillo, 1.53% (m/m) aceite de oliva y 37.97% de harina de alpiste. Cambiando el tipo de harina de alpiste fueron generados los tratamientos: harina gruesa (C1), harina integral (C2) y harina fina (C3). Los ingredientes fueron mezclados durante 15 min en una mezcladora profesional (KP26M1XER, KitchenAid, US) a velocidad constante. De la masa fueron obtenidas formas circulares con un diámetro de 8 cm y 1 cm de grosor; y las piezas fueron horneadas durante 15 min a 180 °C en un horno de convección (HCU, San-Son, MX).

El pH fue medido a partir de una muestra de 3 g mezclada con 20 mL de agua destilada y agitada hasta generar una solución homogénea, los valores fueron registrados con un potenciómetro (C3010, CONSORT, BE). La acidez titulable fue determinada a partir de 75 g de muestra mezclada con 250 mL de agua destilada y calentada hasta 75°C. Después, la mezcla se pasó a través de papel filtro y el residuo fue lavado con agua caliente. El filtrado y el agua de lavado fueron transferidos a un matraz volumétrico y aforados a 500 mL. Una alícuota de 25 mL fue transferida a un frasco de 250 mL y titulada con NaOH 0.01 N en presencia de fenoftaleína, los resultados fueron expresados como miliequivalentes de ácido por kilogramo de muestra (meq/kg) de acuerdo a la expresión $(1000 * V_{NaOH} * [NaOH]) / m$, donde: V_{NaOH} , mililitros de hidróxido de sodio usados durante la titulación; $[NaOH]$, concentración de hidróxido de sodio como moles por litro de solución; y m , gramos de muestra usados. La humedad, la grasa total, la fibra, la proteína cruda, ceniza y, por diferencia de peso, carbohidratos fueron determinados de acuerdo los métodos de la AOAC (Horwitz & Latimer, 2006) únicamente cambiando el éter por hexano y usando un factor de 6.25 para calcular el porcentaje de proteína cruda.

El color fue analizado a 10 galletas elaboradas de cada formulación, previa calibración del aparato (45000L, HunterLab, US) de acuerdo a las instrucciones del manual de usuario. La luminosidad L^* (valores de 0 a 100), la componente a^* (variación de verde a rojo) y la componente b^* (variación de azul a amarillo) fueron analizados estadísticamente de manera individual y después se calculó la diferencia de color respecto a una galleta comercial hecha a base de avena usando la siguiente expresión $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$ donde: ΔE^* , diferencia del color; ΔL , diferencia de luminosidad L^* ; Δa , diferencia en la componente a^* ; Δb , diferencia en la componente b^* .

Los análisis de textura fueron realizados en el texturómetro TA.XT.Plus (Stable Microsystems, UK) con el software Texture Analyzer vers. 5.0.6.0 (Stable Microsystems, UK). La dureza, elasticidad, cohesividad, adhesividad viscosidad, masticabilidad y resistencia a la presión, fueron medidos en las masas de las diferentes formulaciones; y en las galletas solo fue evaluada la dureza; un total de 12 muestras fueron usadas por cada tratamiento. Los parámetros usados para las pruebas de textura fueron: en masas, la velocidad de la preprueba, prueba y posprueba de 1, 5 y 5 mm/s, respectivamente; la distancia de compresión fue de 20 mm con tiempo de retraso en cada ciclo fue de 1 seg.; se usó una muestra esférica de 31.50 mm de radio y 21.24 g de peso; la sonda usada fue la P/75. Los parámetros usados en la galleta fueron: velocidad de preprueba, prueba y posprueba de 2.5, 2 y

10 mm/seg respectivamente con una distancia de compresión de 4 mm y fuerza de 0.20 kg; las muestras de galleta tenían un grosor de 9 mm \pm 0.3 mm; la sonda usada fue la p/75.

Para evaluar el potencial prebiótico, las galletas horneadas y la galleta comercial fueron procesadas de acuerdo a Agil y Hosseinian (2014), para aislar los polisacáridos solubles en agua (PSA) con algunas modificaciones. La muestra pulverizada fue desgrasada con hexanos durante una hora y secada a temperatura ambiente. La muestra fue disuelta en agua destilada en una relación de 1:10 (m/V) y sometida a tratamiento térmico (130°C, 1 h) en autoclave. La muestra fría fue centrifugada a 6000 x g durante 20 min, el sobrenadante recuperado y el residuo reprocesado. El líquido fue liofilizado recuperando los PSA en polvo. Los sólidos residuales (SR) del proceso fueron secados a 60°C durante 24 h y pulverizados hasta lograr un polvo fino. PSA y RS fueron guardados 4°C hasta que fueron usados como fuente de carbono en la prueba de potencial prebiótico.

La bacteria probiótica *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 53103 fue cultivada durante 16 h a 37°C en medio MRS y la concentración fue ajustada a 7×10^7 cel mL⁻¹; 100 μ L de estas soluciones fueron inoculados en 7 mL de los medios formulados en composición igual al caldo Man-Rogosa-Sharpe (MRS) reemplazando la fuente de carbono, dextrosa, con 2% (m/V) de PSA, RS, polvo de galleta entera, almidón soluble y piloncillo (Tabla 1). El caldo (MRS) y caldo MRSharpe sin fuente de carbón (MRS-SC) fueron usados como testigos. Los tubos de cultivo etiquetados de acuerdo con la tabla 2 fueron incubados a 37°C y el crecimiento fue determinado en cámara Neubauer a 24, 48 y 72 h posteriores a la inoculación.

Tabla 1: Abreviaturas usadas para designar las formulaciones de masa para galletas a base de harina de lenteja y alpiste.

Abreviatura	Descripción
<i>Formulaciones de masa y galletas cocinadas</i>	
CC	Galleta comercial control
C1	Formulación para masa a base de harina gruesa, partícula superior a 0.425 mm
C2	Formulación a base de harina sin tamizar, denominada harina integral
C3	Formulación para masa a base de harina fina, partícula menor a 0.425 mm
<i>Fuentes de carbono usadas en la formulación del caldo Man-Rogosa-Sharpe (MRS)</i>	
CC	Polvo de galleta comercial control
C1	Polvo de galleta de la formulación C1
C2	Polvo de galleta de la formulación C2
C3	Polvo de galleta de la formulación C3
CCR	Polvo de sólidos residuales sin PSA de galleta comercial control
C1R	Polvo de sólidos residuales sin PSA de galleta formulación C1
C2R	Polvo de sólidos residuales sin PSA de galleta formulación C2
C3R	Polvo de sólidos residuales sin PSA de galleta formulación C3
PSACC	Polisacáridos solubles en agua de la galleta control comercial
PSAC1	Polisacáridos solubles en agua de la galleta formulación C1
PSAC2	Polisacáridos solubles en agua de la galleta formulación C2
PSAC3	Polisacáridos solubles en agua de la galleta formulación C3
PIL	Piloncillo al 0.8% en proporción a la cantidad usada como fuente de carbono de las formulaciones C1, C2 y C3.
ALM	Almidón soluble

Una prueba de preferencia por ordenamiento (Lawless & Heymann, 2010) fue aplicada a 20 adultos jóvenes entre los 18 y 24 años de edad; las 4 galletas, control y 3 formulaciones, fueron codificadas y presentadas a los panelistas, a quienes fue pedido ordenar las galletas de mayor agrado (4) a menor agrado (1). Las medias de los análisis proximales, perfil de textura y color fueron analizadas por ANOVA de una sola vía seguido por una comparación de pares de medias por Tukey ambos usando un nivel de significancia de $P \leq 0.05$, mientras que los datos de la prueba de preferencia fueron analizados por la prueba de varianza para rangos de Friedman y la comparación entre tratamientos se hizo usando las tablas Basker (basada en la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher), ambas con $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de perfil de textura (APT) no fue usado un control comercial debido a que se desconoce las proporciones de la formulación, así como ingredientes adicionales; sin embargo, es importante conocer la textura de la masa porque esto permitirá dilucidar los efectos de las interacciones de los ingredientes en la matriz alimenticia. Los valores de dureza, elasticidad y resiliencia no mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos (figura 1A, 1C y 1F). Los valores de adhesividad y cohesividad disminuyen cuando la fibra incrementa en los alimentos (Campderrós, 2017). La formulación C2 mostró un valor bajo de cohesividad en comparación con las otras dos formulaciones que no tuvieron diferencia significativa entre ellas (figura D) mientras que la adhesividad de las formulaciones C2 y C3 es muy alta respecto de la formulación C1 (Figura 1B), esta última fue elaborada con la harina gruesa de alpiste constituida principalmente por cascarilla. Se esperaría que la cohesividad se comportará de manera similar a la adhesividad, sin embargo, los carbohidratos del alpiste pueden interactuar de manera diferente con el resto de los componentes de la formulación, en especial la amilosa y amilopectina (Irani *et al.*, 2016; Irani *et al.*, 2019). Además, ha sido demostrado que el tratamiento térmico en harinas de lenteja induce una ruptura de los gránulos de almidón y una desnaturalización de las proteínas globulares, lo que permite una interacción entre estas moléculas propiciando la estabilización de los geles de almidón provocando un aumento en su viscosidad (Bresciani *et al.*, 2022); por otro lado la adición de xilanos y β -glucanos impacta en las propiedades físicas de las masas, por ejemplo, Hajas *et al.* (2022) observaron que la adición de xilitol en la formulación de galletas a base de lentejas provocaba una disminución en la firmeza resultados similares fueron observados por Skendi *et al.* (2010) al adicionar β -glucanos al harina de trigo.

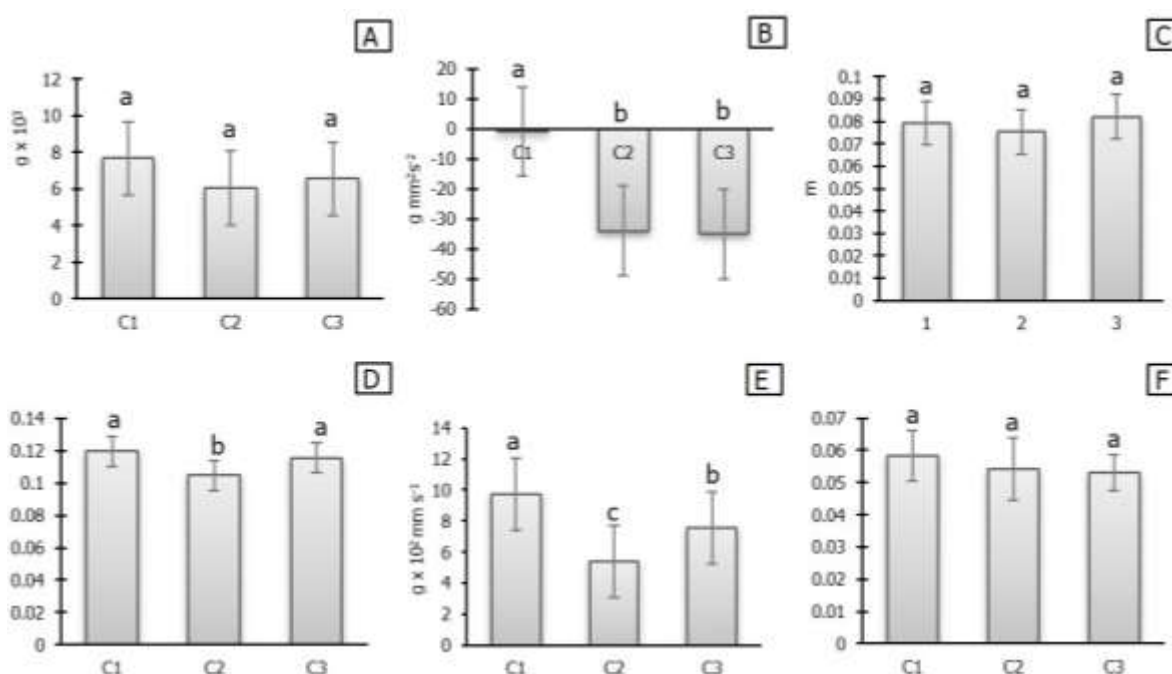


Fig. 1: Evaluación del perfil de textura de la masa formulada a partir de lenteja y alpiste. Letra diferente sobre cada barra indica diferencia significativa. A, dureza; B, Adhesividad; C, elasticidad; D, cohesividad; E, viscosidad y F, resiliencia.

El parámetro de viscosidad fue diferente para las tres formulaciones, C1 registró el valor más alto, seguido por C3 y el valor más bajo fue para C2 (figura 1E). La viscosidad ha sido relacionada con la proporción de amilosa y amilopectina contenida en el almidón de los alimentos, a mayor contenido de amilopectina menor viscosidad en soluciones de almidón, y el almidón de alpiste contiene una gran cantidad de amilopectina (Irani *et al.*, 2016), por su parte las lentejas son fuente de almidón resistente, formado por a la retrogradación de la amilosa presente, es

decir, el almidón de lenteja tendría el potencial de formar soluciones más viscosas (Ma *et al.*, 2011), esto explica el valor de viscosidad alto de la formulación C1 en relación a las otras dos formulaciones.

En el análisis proximal, las galletas a base de lenteja y alpiste fueron comparadas con una marca comercial elaborada a partir de avena, nuez y arándanos. Una característica esencial para la calidad de las galletas es la humedad, ya que tiene implicaciones en la percepción sensorial como lo crujiente, sus valores están establecidos por la legislación local (NMX-F-006-1983) el límite de contenido de humedad es 8 %. La proteína y la fibra fueron considerablemente más altas, las grasas y los carbohidratos significativamente más bajos que las galletas de avena (Tabla 2). Un beneficio atribuido a las lentejas es su alto contenido proteico, además cuando son cocinadas, los contenidos de proteína aumentan en algunas variedades; un fenómeno similar ocurrió para la fibra, estos podrían ser por efectos de temperatura sobre la interacción molecular entre carbohidratos y proteínas (Wang *et al.*, 2009); por otra parte, el contenido proteínico del alpiste ha sido reportado alrededor del 20%; y el análisis de fibra del alpiste mostró un contenido diferencial entre la harina entera, blanca y de salvado, 5.9, 1.2 y 18.6 %, respectivamente (Abdel-Aal *et al.*, 2011). El uso de lentejas y alpiste como ingredientes podrían aumentar la cantidad de proteína y fibra. La mayor cantidad de fibra fue para las formulaciones C2 con 30,5 %, la galleta se elaboró con los residuos de harina tamizada.

Tabla 2: Resultados de los análisis fisicoquímicos y proximales de las galletas cocinadas.

Fml	H	Grs	Pro	Fbr	Cnz	Crb	pH	Acz
CC	4.17 ^c	25.21 ^a	11.71 ^d	1.26 ^d	1.76 ^a	56.41 ^a	7.26 ^a	0.07 ^a
C1	4.78 ^b	11.68 ^c	26.70 ^b	20.33 ^b	1.18 ^b	36.10 ^c	5.79 ^b	0.06 ^a
C2	6.08 ^a	13.27 ^b	28.57 ^a	30.35 ^a	1.07 ^b	21.25 ^d	5.87 ^b	0.03 ^b
C3	1.31 ^d	12.92 ^b	24.66 ^c	12.35 ^c	1.08 ^b	47.69 ^b	5.55 ^c	0.06 ^{ab}

Los datos representan la media de tres réplicas expresadas como porcentaje, excepto para pH, las letras diferentes indican diferencia estadística significativa con $P < 0.05$. Fml, formulación; H, humedad; Grs, grasa; Pro, proteína; Fbr, fibra; Cnz, ceniza; Crb, Carbohidratos; y Acz, acidez titulabe. CC, control comercial; C1, harina gruesa de alpiste; C2, harina entera de alpiste; C3, harina tamizada de alpiste.

El contenido de grasa para CC fue del 25.21 % casi dos veces más que cualquiera de las galletas elaboradas a base de lenteja y alpiste, esta diferencia podría explicarse por la gran cantidad de manteca vegetal usada en la elaboración de las galletas comerciales para alcanzar la cohesividad, la suavidad y otras características requeridas. La presencia de carbohidratos fue relativamente menor en las 3 galletas a base de lenteja y alpiste, característica que representaría una ventaja al tener menor impacto en el incremento de la concentración de glucosa en sangre, en especial para personas con diabetes mellitus tipo 2 y; disminuir la ingesta calórica en poblaciones susceptibles, como niños y adolescentes (Ramdath *et al.*, 2018). La menor cantidad de carbohidratos está en relación con el aumento de la fibra probablemente por la interacción y los cambios de conformación a nivel molecular, además se ha demostrado que el contenido de fibra en lentejas ha aumentado después de la cocción en un rango de alrededor del 20 % (De Almeida Costa *et al.*, 2006), el mayor contenido de fibra fue registrado para la formulación C2 que contiene harina entera de alpiste.

Una característica sensorial importante en los alimentos es el color, pues el consumidor podría asumir el sabor, aroma, textura entre otros al observar el producto (Popov-Raljić *et al.*, 2009). La tabla 3 muestra los análisis de color para el tono de luminosidad (L), el tono enrojecimiento (a) y el amarillamiento (b). Los valores de L^* más altos fueron registrados para CC (41.52) y C2 (38.77) seguidos de C1 (33.60) y el valor más bajo fue para C3 (26.88), valores cerca de cero implica un alimento oscuro. Mientras que el valor de ΔE más bajo fue para la formulación C2 con 20.18 indicando, de manera global, que es la formulación más parecida al control de galleta de avena. Los valores de L^* de la formulación C2 fue igual que en el control de galleta comercial (CC), elaborada con avena de grano entero, ambos valores son similares a los reportados en galletas elaboradas a base de harinas de grano completo, además, los valores pueden ser influenciados por la presencia de compuestos fenólicos como la catequina, epicatequina y ácidos fenólicos que atrapan compuestos α -dicarbonilos, esenciales para en las reacciones de Maillard (Žilić *et al.*, 2021); una situación similar pudo ocurrir en la formula C1, elaborada con harina gruesa de alpiste, constituida principalmente por cascarilla del grano y que además la pigmentación oscura sea

más a consecuencia del contenido fenoles, flavonoides y lignatos entre otros compuestos presentes en la cascarilla del alpiste y a sus modificaciones generadas por el horneado de las galletas (Min *et al.*, 2011).

En la formulación (C3), elaborada con harina tamizada de alpiste, la cantidad de carbohidratos fue la más alta y la de fibra la más baja en comparación C1 y C2 (tabla 2), dejando los carbohidratos de este cereal más expuestos a reaccionar con las proteínas para formar los compuestos de Maillard. Çelik y Gökmen (2020), cuantificaron los aminoácidos libres y la concentración de glucosa y fructosa en harinas y masas de diferentes cereales y midieron la acumulación de intermediarios de las reacciones de Maillard en un modelo de corteza de pan a los 5, 15 y 30 min de exposición a 200 °C, encontrando que los monosacáridos disminuyen a los 5 min y después ya no son detectados mientras que los aminoácidos disminuyen 10 veces el valor detectado en masas fermentadas, mientras que compuestos como la D-glucosa, 1-deoxiglucosona, 3-deoxiglucosona, glioxal, metilglioxal y diacetil, intermediarios de las reacciones de Maillard y relacionados con el oscurecimiento no enzimático en alimentos, incrementaron a los 5 min y después decayeron. Ciesarová *et al.* (2009), correlacionaron la presencia de glucosa y fructosa con el desarrollo del oscurecimiento y reacciones de Maillard en productos de panadería, observando que la presencia de glucosa y fructosa incrementaban índices de oscurecimiento (absorbancias de diluciones a partir de corteza de pan a 360 y 420) y aumento de los productos de las reacciones de Maillard.

Tabla 3: Efecto de las harinas sobre las características físicas de las galletas.

Formulación	L^*	a^*	b^*	ΔE	D (gf)
CC	41.52 a	12.127 a	42.162 a	----	7449.68 b
C1	33.60 b	6.697 c	27.974 b	27.54	9672.47 a
C2	38.77 a	8.599 b	30.669 b	20.18	7986.07 b
C3	26.288 c	7.652 bc	29.064 b	32.05	7787.13 b

Los datos representan la media de tres réplicas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa con $P < 0.05$. CC, control comercial; C1, harina gruesa de alpiste; C2, harina entera de alpiste; C3, harina tamizada de alpiste. ΔE , diferencia del color; L^* , luminosidad; a^* , componente a; b^* , componente b; D, dureza.

La dureza de un alimento representa la fuerza necesaria para causar una deformación irreversible de la matriz alimentaria. El valor más alto de dureza lo registro el tratamiento C1, formulado a partir de los residuos gruesos del tamizado; mientras que los valores de dureza para C2 y C3 no mostraron diferencia significativa respecto de la galleta comercial usada como control (Tabla 3). La dureza de este tipo de alimentos ha sido relacionada con la retrogradación del almidón este fenómeno provoca modificaciones en la cantidad y tipo de almidón resistente cuando las lentejas son cocinadas (Ma *et al.*, 2018), en particular cuando se efectúa un proceso térmico similar al usado en la presente investigación. Es probable que el almidón resistente formado durante el proceso para obtener la pasta de lentejas sea el responsable de incrementar los valores de dureza en el tratamiento C1, mientras que los tratamientos C2 y C3 contenían más almidón de alpiste, que ha sido reportado con menos dureza que el almidón de trigo y con mejores características de cohesividad y gomosidad (Irani *et al.*, 2019).

La glucosa del caldo Man-Rogosa-Sharpe fue reemplazada por las diversas fuentes de carbono contenidas en la galleta y que podrían ser usadas por los probióticos. Desarrollos similares de *L. rhamnosus* (Figura 2 A) fueron registrado en el medio suplementado con C3, MRS y los PSAC1 durante las primeras 24 h de incubación; C1, C1R, C2, C2R, C3R, STCH, PSAC1, PSAC2 y PSAC3 podrían considerarse dentro de un mismo grupo mostrando un crecimiento inferior a C3, de este grupo solo C2, PSAC1 y PSAC2 alcanzaron valores estadísticamente similares a MRS. Por otro lado, los medios con CC, CCR, PIL, SCF y PSAC fueron los que menos favorecieron el desarrollo de *L. rhamnosus*.

La Figura 2B muestra el crecimiento de *L. rhamnosus* a 48 h de incubación en las diferentes fuentes de carbono. Durante este intervalo de tiempo el probiótico se desarrolló mejor en MRS, seguido por C3, PSAC1, PSAC2 y PSAC3, después observamos que C1, C1R, C2, C2R, C3R y STHC conviven alrededor de una misma media seguidos por CC y PSAC mientras que CCR, PIL y SCF mantuvieron sus medias como las más bajas, es decir, el probiótico mostró menor desarrollo en estos medios. Por otra parte, a las 72 h de incubación destacan los valores de MRS y

STCH como los más altos, seguidos por PSAC1, PSAC2, PSAC3 y C3, de bajo y alrededor de una media, se agrupan los valores de C1, C1R, C2, C2R, C3R, seguidos los valores de CC y PSAC y con los valores más bajos de proliferación de *L. rhamnosus* se encuentran, CCR, PIL y SCF.

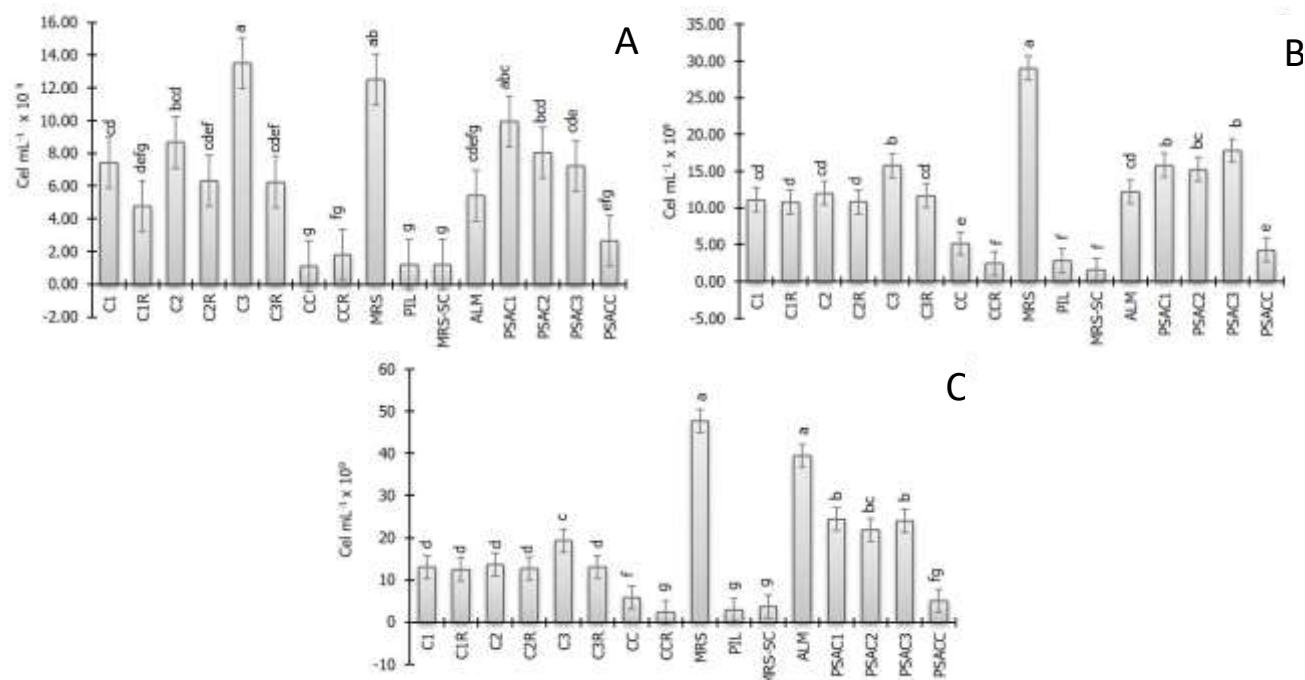


Fig. 2: Evaluación del potencial prebiótico usando *L. rhamnosus* como probiótico. Los datos son la media de tres réplicas analizadas por ANDEVA de una sola vía seguido por Tukey con $P < 0.05$. Letras diferentes sobre las barras indican diferencia significativa. C1-3, Formulaciones a base de lenteja y alpiste; C1-2R, Residuos de la extracción de carbohidratos; CC, control de galleta comercial; CCR, Residuos de extracción de carbohidratos de la galleta comercial; MRS, caldo Man-Rogosa-Sharpe; PIL, piloncillo; MRS-SC, caldo Man-Rogosa-Sharpe sin fuente de carbono; ALM, almidón; PSAC1-3, carbohidratos solubles en agua de las formulaciones; PSAC, carbohidratos solubles en agua de la galleta comercial.

Después de 72 h el medio MRS mostró los mejores resultados de desarrollo para *L. rhamnosus*; sin embargo, a las 24 h el desarrollo del probiótico fue mejor en el medio suplementado con C3 (Figura 2A), esta galleta fue elaborada con la harina completa de alpiste. Varios estudios han reportado que los cereales y leguminosas contienen carbohidratos con actividad prebiótica, por ejemplo, al adicionar harina de lenteja al yogurt Agil *et al.* (2013), observaron un aumento en el número de células viables de probióticos que se puede relacionar con la presencia de oligosacáridos con potencial prebiótico reportado por Johnson *et al.* (2013). En alpiste no hay referencias que señalen a sus carbohidratos u oligosacáridos con potencial prebiótico, pero es probable que al ser un cereal contenga algún tipo de oligosacárido con la capacidad de promover el desarrollo de probióticos.

Los resultados de las pruebas hedónicas en panelistas con edades entre 18 y 24 años son mostrados en la Figura 3. La galleta establecida en el mercado obtuvo el mejor grado de aceptación entre los panelistas mientras que el análisis entre las formulaciones no mostró diferencia significativa; los aspectos que impactaron en la aceptación de la galleta en comparación con el control fue la textura y el color, que de acuerdo a los valores de ΔE las tres formulaciones son diferentes y más oscuras que la galleta comercial.

Existe poca información acerca del uso de harina de alpiste en la elaboración de alimentos procesados y de los cambios en la textura que podrían presentarse; sin embargo, posee características que lo sitúan como una opción viable para su uso en alimentos, no contiene gluten y su alta concentración de amilosa favorece la formación de

almidón resistente que puede ser usado como prebiótico (Irani *et al.*, 2017). También se ha demostrado que el almidón resistente incrementa en la lenteja cuando es sometida a diferentes tratamientos térmicos (Wang *et al.*, 2009); estos incrementos en el almidón resistente podrían ser la causa del incremento en la dureza de la galleta pero que al estar presente la cascarilla del grano de alpiste disminuyó.

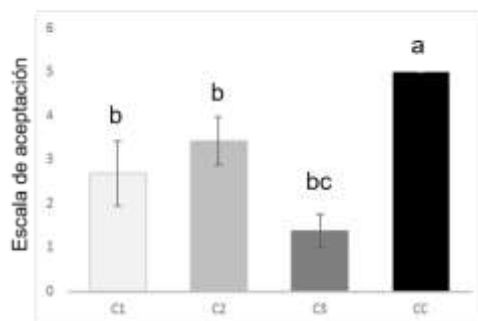


Fig. 3: Aceptación de las formulaciones en grupo de 18 a 24 años. Letras diferentes indican diferencia significativa.

CONCLUSIONES

Respecto a la masa, la adición de harina de alpiste modificó la adhesividad, cohesividad y viscosidad únicamente, tres de los parámetros involucrados en la maleabilidad de las masas. Los resultados proximales mostraron que el valor nutricional de las 3 galletas fue mejor en comparación con la galleta comercial usada como control, pues el aporte de proteína y fibra fue más alto, valor agregado por la lenteja, incluso en la galleta elaborada con una formulación que incluyó harina tamizada de alpiste; sin embargo, las tres formulaciones quedaron por debajo del control en la prueba de aceptación, esto pudo ser debido al color y al aumento de la dureza propiciados por la presencia de lenteja en las formulaciones. Las tres formulaciones fueron capaces de promover el crecimiento de *L. rhamnosus*, incluso proliferó en las formulaciones que no contenían la fracción de polisacáridos solubles en agua (PSA). En general, el uso de lenteja y alpiste en galletas representa una opción viable para mejorar la calidad nutricional y aportar beneficios a la salud.

REFERENCIAS

- Abdel-Aal, E.S.M., Hucl, P., Shea Miller, S., Patterson, C.A. & Gray, D. (2011). Microstructure and nutrient composition of hairless canary seed and its potential as a blending flour for food use. *Food Chemistry*, 125 (2), 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.021>
- Agil, R., Gaget, A., Gliwa, J., Avis, T.J., Willmore, W.G. & Hosseinian, F. (2013). Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. *LWT - Food Science and Technology*, 50 (1), 45–49. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.032>
- Agil, R. & Hosseinian, F. (2014). Determination of water-extractable polysaccharides in triticale bran. *Journal of Food Composition and Analysis*, 34 (1), 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.02.004>
- Bauer, U.E., Briss, P.A., Goodman, R.A. & Bowman, B.A. (2017). CDC's Chronic Disease Prevention System | About the Center | Chronic Disease Prevention and Health Promotion | CDC. Centers for Disease Control and Prevention, 45–52. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60648-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60648-6)
- Bresciani, A., Emide, D., Saitta, F., Fessas, D., Iametti, S., Barbiroli, A. *et al.* (2022). Impact of Thermal Treatment on the Starch-Protein Interplay in Red Lentils: Connecting Molecular Features and Rheological Properties. *Molecules*, 27 (4). <https://doi.org/10.3390/molecules27041266>

Bubelová, Z., Sumczynski, D. & Salek, R.N. (2018). Effect of cooking and germination on antioxidant activity, total polyphenols and flavonoids, fiber content, and digestibility of lentils (*Lens culinaris* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13388>

Campderrós, M.E. (2017). Effect of Okara Flour Addition on the Physical and Sensory Quality of Wheat Bread. *MOJ Food Processing & Technology*, 4 (6), 184–190. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2017.04.00111>

Cavazos, A. & Gonzalez de Mejia, E. (2013). Identification of Bioactive Peptides from Cereal Storage Proteins and Their Potential Role in Prevention of Chronic Diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (4), 364–380. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12017>

Çelik, E.E. & Gökmen, V. (2020). Formation of Maillard reaction products in bread crust-like model system made of different whole cereal flours. *European Food Research and Technology*, 246 (6), 1207–1218. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03481-4>

Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S.S. & Webb, C. (2002). Application of cereals and cereal components in functional foods: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 79 (1–2), 131–141. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00187-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00187-3)

Ciesarová, Z., Kukurová, K., Bednáriková, A. & Morales, F.J. (2009). Effect of heat treatment and dough formulation on the formation of Maillard reaction products in fine bakery products – benefits and weak points. *Journal of Food and Nutrition Research*, 48 (1), 20–30.

De Almeida Costa, G.E., Da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S.M. & De Oliveira, A.C. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94 (3), 327–330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.020>

Hajas, L., Benedek, C., Csajbókné Csobod, É. & Juhász, R. (2022). Development of Protein- and Fiber-Enriched, Sugar-Free Lentil Cookies: Impact of Whey Protein, Inulin, and Xylitol on Physical, Textural, and Sensory Characteristics. *Foods*, 11 (23), 3819 <https://doi.org/10.3390/foods11233819>

Horwitz, W. & Latimer, G.W. (Eds.). (2006). *Official Methods of Analysis* (18a ed.).

Irani, M., Abdel-Aal, E.S. M., Razavi, S.M.A., Hucl, P. & Patterson, C.A. (2017). Thermal and functional properties of hairless canary seed (*phalaris canariensis* L.) starch in comparison with wheat starch. *Cereal Chemistry*, 94 (2), 341–348. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-16-0083-R>

Irani, M., Razavi, S.M.A., Abdel-Aal, E.-S.M., Hucl, P. & Patterson, C.A. (2019). Viscoelastic and textural properties of canary seed starch gels in comparison with wheat starch gel. *International Journal of Biological Macromolecules* 124, 270–281. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.216>

Irani, M., Razavi, S.M.A., Abdel-Aal, E.S.M., Hucl, P. & Patterson, C.A. (2016). Dilute solution properties of canary seed (*Phalaris canariensis*) starch in comparison to wheat starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 87, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.02.050>

Johnson, C.R., Thavarajah, D., Combs, G.F. & Thavarajah, P. (2013). Lentil (*Lens culinaris* L.): A prebiotic-rich whole food legume. *Food Research International*, 51 (1), 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.025>

Joshi, M., Timilsena, Y. & Adhikari, B. (2017). Global production, processing and utilization of lentil: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16 (12), 2898–2913. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61793-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61793-3)

- Lawless, H.T. & Heymann, H. (Eds.). (2010). *Preference testing. In Sensory Evaluation of Food, principles and practices* (2a ed., pp. 303–323). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Ma, Z., Boye, J.I., Simpson, B.K., Prasher, S.O., Monpetit, D., & Malcolmson, L. (2011). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, 44 (8), 2534–2544. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.017>
- Ma, Z., Yin, X., Hu, X., Li, X., Liu, L. & Boye, J.I. (2018). Structural characterization of resistant starch isolated from Laird lentils (*Lens culinaris*) seeds subjected to different processing treatments. *Food Chemistry*, 263 (April), 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.122>
- Masisi, K., Beta, T. & Moghadasian, M H. (2016). Antioxidant properties of diverse cereal grains: A review on in vitro and in vivo studies. *Food Chemistry*, 196, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.021>
- Mason, E., L'Hocine, L., Achouri, A. & Karboune, S. (2018). Hairless Canaryseed: A Novel Cereal with Health Promoting Potential. *Nutrients*, 10 (9), 1327. <https://doi.org/10.3390/nu10091327>
- Min, B., McClung, A.M. & Chen, M.H. (2011). Phytochemicals and Antioxidant Capacities in Rice Brans of Different Color. *Journal of Food Science*, 76 (1), 117–126. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01929.x>
- Neven, D. (2014). *The sustainable food value chain development paradigm. In Developing sustainable food value chains, Guiding principles* (pp. 13–20). Food and agriculture organization of united nations.
- Ortiz-Martinez, M., Winkler, R. & García-Lara, S. (2014). Preventive and therapeutic potential of peptides from cereals against cancer. *Journal of Proteomics*, 111, 165–183. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2014.03.044>
- Pal, R.S., Bhartiya, A., Yadav, P., Kant, L., Mishra, K.K., Aditya, J.P. et al. (2017). Effect of dehulling, germination and cooking on nutrients, anti-nutrients, fatty acid composition and antioxidant properties in lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Food Science and Technology*, 54 (4), 909–920. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2351-4>
- Popov-Raljić, J.V., Mastilović, J.S., Laličić-Petronijević, J.G. & Popov, V.S. (2009). Investigations of bread production with postponed staling applying instrumental measurements of bread crumb color. *Sensors*, 9 (11), 8613–8623. <https://doi.org/10.3390/s91108613>
- Ramdath, D., Wolever, T., Siow, Y., Ryland, D., Hawke, A., Taylor, C. et al. (2018). Effect of Processing on Postprandial Glycemic Response and Consumer Acceptability of Lentil-Containing Food Items. *Foods*, 7 (5), 76. <https://doi.org/10.3390/foods7050076>
- Skendi, A., Biliaderis, C.G., Papageorgiou, M. & Izydorczyk, M.S. (2010). Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, 119 (3), 1159–1167. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.030>
- Sotiles, A.R., Leite, M., Daltoé, M., Lima, V.A. De, Porcu, M. & Antônio, M. (2015). Technological use of green banana and birdseed flour in preparing cookies. *Acta Scientiarum. Technology.*, 37 (4), 423–429. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i4.27200>
- Starowicz, M. & Zieliński, H. (2019). How Maillard Reaction Influences Sensorial Properties (Color, Flavor and Texture) of Food Products? *Food Reviews International*, 35 (8), 707–725. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600538>

Valverde, M.E., Orona-Tamayo, D., Nieto-Rendón, B. & Paredes-López, O. (2017). Antioxidant and Antihypertensive Potential of Protein Fractions from Flour and Milk Substitutes from Canary Seeds (*Phalaris canariensis* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 72 (1), 20–25. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0584-z>

Wang, N., Hatcher, D.W., Toews, R. & Gawalko, E.J. (2009). Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *LWT - Food Science and Technology*, 42 (4), 842–848. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.007>

Yilmaz, E. & Karaman, E. (2017). Functional crackers: incorporation of the dietary fibers extracted from citrus seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (10), 3208–3217. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2763-9>

Žilić, S., Aktağ, I.G., Dodig, D. & Gökmen, V. (2021). Investigations on the formation of Maillard reaction products in sweet cookies made of different cereals. *Food Research International*, 144, 110352. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110352>