

Evaluación nutricional y de color de galletas libres de gluten elaboradas con maíz morado y frijol de Caxtilán de la Huasteca Hidalguense

Espino-Manzano S.^{1*}, González de los Montero-Sierra M.J., Hernández-Solís K.², Campos-Montiel R.³

1. Área Agroindustrial-Alimentaria, Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez. 2. Programa Educativo de licenciatura en Gastronomía, Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. 3. Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
dr.salvadorespino2020@gmail.com

Resumen: Las galletas actualmente tienen gran demanda a nivel mundial. Son productos de panificación considerados como snacks, al tener como objetivo saciar el hambre temporalmente. Sin embargo, su valor nutricional es bajo, al contener en su mayoría un alto contenido de carbohidratos y materia grasa. Otra limitante de su consumo está dirigido a la población celíaca que tiene como restricción principal el consumo del gluten en su dieta. Por otra parte, en algunas regiones del país los productos libres de gluten están escasos por su corta distribución y alto costo, como el caso de la región de la huasteca hidalguense. En el presente trabajo se elaboraron tres formulaciones de galletas libres de gluten utilizando como base harinas de maíz morado y frijol de Caxtilán, que son productos locales y de baja demanda. El objetivo de la investigación fue realizar una valoración nutricional y de color de las distintas formulaciones. Se realizó mediante análisis químico proximal y de color, donde, los resultados muestran que con un mayor contenido de harina de frijol de Caxtilán se incrementa el contenido proteico, fibra dietaria y micronutrientes, lo que incrementa su calidad nutricional y las galletas adquieren una coloración más oscura. Por lo que demuestra que el uso de harinas compuestas, en este caso la dualidad maíz-frijol tiene resultados favorables en el valor nutricional de galletas.

Palabras clave: Galletas libres de gluten, maíz morado, frijol de Caxtilán, Huasteca Hidalguense

Abstract: Cookies are products in high demand worldwide. They are bakery products considered as snacks, as they aim to temporarily satisfy hunger. However, they have low nutritional value since they mostly contain a high content of carbohydrates and fat. Another limitation of its consumption is aimed at people with celiac disease whose main restriction is the consumption of gluten in their diet. On the other hand, in some regions of Mexico gluten-free products are scarce due to their short distribution and high cost, such as the case of Huasteca Hidalguense. In the present work, three gluten-free cookie formulations were prepared using blue corn and Caxtilán beans as a base, which are local products and of low demand. The aim of this research was to carry out a nutritional and color evaluation of the food. It was carried out through proximal chemical analysis and color, where, the results show that with a higher content of Caxtilán bean flour, the protein content, dietary fiber and micronutrients increases, which increases their nutritional quality and the cookies acquire a lower luminosity. Therefore, it shows that the use of compound flours, in this case the corn-bean duality has favorable results in the nutritional value of cookies.

Key words: gluten-free cookies, purple corn, Caxtilán bean, Huasteca hidalguense

Área: Cereales, Leguminosas y Oleaginosas

Introducción

Hoy en día, los productos libres de gluten tienen una creciente demanda a nivel mundial. Aproximadamente el 2% de la población mundial padece celiaquía, conocida también como enfermedad celíaca o intolerancia al gluten, este padecimiento excluye de la dieta a todos los productos elaborados con trigo, centeno, cebada y en ocasiones avena. Sin embargo, no solo las personas que padecen celiaquía excluyen el gluten de su dieta, ya que está demostrado que no tiene algún valor nutricional al no ser bioaccesible (Ferreira & Conti-Silva, 2017). Los alimentos libres de gluten de mayor relevancia son los productos de panificación, encontrando en la mayoría de los mercados pan y galletas. El gluten es un elemento esencial en la elaboración de pan, ya que otorga a la masa elaborada con trigo las propiedades fisicoquímicas que le otorgan esponjosidad, cohesividad, elasticidad y suavidad, que le permiten poder formar productos estables y con una miga bien estructurada.

Por otra parte, en la elaboración de galletas, el gluten no es un elemento indispensable ya que el desarrollo del gluten no es completo (Sakac *et al.*, 2016; Giuberti *et al.*, 2017). Las galletas son productos horneados que tienen tres ingredientes mayoritarios: harina, azúcar y grasa. Sus diferencias dependen del balance de los ingredientes, el tipo de horneado y el método de elaboración. Debido a que no es necesario un desarrollo completo de la red de gluten son alimentos viables para ser elaborados con sustitutos de fuentes libres de gluten. Actualmente existen diversas investigaciones acerca de este tipo de alimentos donde son utilizadas harinas y/féculas libres de gluten a base de tubérculos (papa, yuca), cereales (maíz, mijo), leguminosas (soya, chícharo) o semillas (amaranto, chía) (Mancebo *et al.*, 2016).

En México existen distintas zonas donde los productos procesados son escasos o excesivamente caros, como el caso de los alimentos libres de gluten. La huasteca está conformada por parte de los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo y Veracruz. Es una región llena de folklor y cultura, donde sobresalen la danza, música y gastronomía. Desde la época prehispánica existe un sistema de alimentación sustentable llamado dieta de la milpa que posteriormente fue enriquecido con aportes de los conquistadores en la época de la colonia (Almaguer *et al.*, 2019). La milpa más tradicional es un sistema agroalimentario que está compuesto principalmente maíz, frijol, chile, calabaza y tomate. Siendo estos ingredientes la base de un alto porcentaje de los platillos de cocina mexicana. Actualmente pueden realizarse además de los alimentos tradicionales, productos de repostería y panadería con algunas de estas fuentes.

Sin embargo, algunas variedades nativas de estos alimentos son actualmente considerados como alimentos no convencionales, ya que su producción principalmente es a nivel local (Macías, 2017). Algunas variedades de maíz (*Zea mays*) han mostrado ser buenas fuentes alimentarias que además de los nutrientes básicos con tienen compuestos bioactivos. El maíz morado es una variedad que tiene antioxidantes como antocianinas cuya función es disminuir el daño causado por los radicales libres (Castañeda, 2011). En México se elabora un tipo de harina con el grano entero del maíz (pinole), que es tostado previamente y es utilizado principalmente en las zonas rurales del país por su fácil elaboración, rendimiento y calidad nutricional.

Otro elemento de la milpa es el frijol (*Phaseolus vulgaris*), existen muchas variedades de este alimento donde incluso cada región tiene sus propias variedades. El frijol de Caxtilán, es una variedad de frijol endémica de la región de la huasteca hidalguense y es comúnmente conocida por que está disponible la mayor parte del año. El frijol es una leguminosa valorada por su alto contenido proteico y de aminoácidos esenciales (lisina, fenilalanina y tirosina) pero deficiente en metionina y cisteína (Ulloa *et al.*, 2011).

El objetivo de esta investigación es la elaboración de galletas libres de gluten, con el uso de harina de maíz morado (tipo pinole) y harina de frijol de Caxtilán como alternativa de un producto de consumo popular elaborado con elementos de la milpa y evaluando su valor nutricional y parámetros de color. La hipótesis del trabajo es conocer si la adición de harina de frijol de Caxtilán en combinación con la harina de maíz morado modifica el valor nutricional (reducción de grasa y carbohidratos asimilables e incrementando el contenido de proteína y fibra) y la coloración del producto.

Materiales y métodos

Elaboración de harina de maíz morado

La harina de maíz morado (*Zea mays*) se elaboró de acuerdo a la metodología de Lozano-Aguilar *et al.*, (2008) con modificaciones. Dónde, se limpió el grano de maíz de todas las impurezas (piedras y granos rotos) y posteriormente se colocó en un recipiente de metal para su tostado con movimientos constantes hasta alcanzar los 140°C y que los granos de maíz comenzarán a reventarse. Se dejaron enfriar y se trituraron en un molino de cuchillas (IKA, MF 10.1, USA). Posteriormente la harina obtenida se guardó en bolsas resellables de polietileno y resguardadas para su uso futuro. El maíz morado fue adquirido del mercado local del municipio de Huejutla, Hgo., México.

Elaboración de harina de frijol de Caxtilán

La obtención de la harina se realizó mediante la metodología propuesta por Basinello *et al.* (2008), donde las vainas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) var. Caxtilán fueron adquiridos del mercado local del municipio de Huejutla, Hgo., México. Se seleccionaron, desgranaron, lavaron, colocaron en charolas con papel encerado. Se deshidrataron en un horno convencional (Sanson, HCC, México) a 40 °C durante 24 h. Las legumbres deshidratadas se trituraron en un molino de cuchillas (IKA, MF 10.1, USA) y se almacenaron en bolsas resellables de polietileno y fueron resguardadas para su uso futuro.

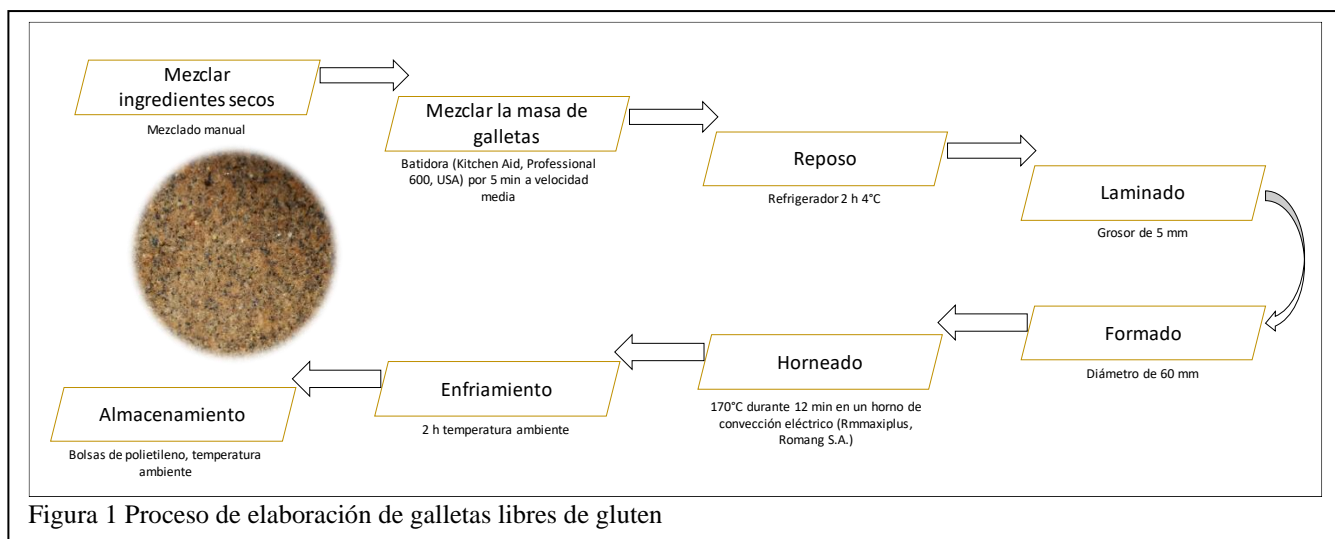
Formulación de las galletas libres de gluten

Se elaboraron 3 muestras de galletas libres de gluten utilizando una harina compuesta a base de harina de maíz morado (HM) y harina de frijol de Caxtilán (HF) que fueron elaboradas con anterioridad. Además, se usó azúcar (Zulka, Zucarmex, México), huevo (Marca San Juan, México), grasa animal (Chipilo, Unifoods, México), grasa vegetal (Iberia, Unilever, México), extracto natural de vainilla (ProGourmet, Pro Agro, México), canela molida (Tones, Spice Advice, USA) y agente leudante (Royal, México). Las formulaciones del testigo y tratamientos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones de galletas libres de gluten			
Ingrediente	GT	G30	G50
Harina de maíz morado (g) (HM)	100	70	50
Harina de frijol de Caxtilán (g) (HF)	0	30	50
Azúcar (g)	55	55	55
Huevo (g)	20	20	20
Grasa animal (g)	35	35	35
Grasa vegetal (g)	35	35	35
Extracto natural de vainilla (mL)	2.5	2.5	2.5
Canela molida (g)	0.5	0.5	0.5
Agente leudante (g)	1	1	1
GT: testigo con 0% de HF; G30: formulación 1 con 30% de HF; G50: formulación 2 con 50% de HF			

Proceso de elaboración de galletas libres de gluten

Las galletas fueron preparadas como se muestra en la Fig. 1 siguiendo la metodología de Pestoric *et al.* (2017) con algunas modificaciones. La masa fue elaborada mezclando manualmente todos los ingredientes secos (harinas, azúcar, canela y agente leudante). Posteriormente se incorporó la materia grasa (grasa animal y vegetal), el huevo y el extracto de vainilla. Los ingredientes se mezclaron en una batidora (Kitchen Aid, Professional 600, USA) por 5 min a velocidad media. La masa para galletas preparada se dejó reposar durante 2 h a 4°C en un refrigerador. Posteriormente, la masa se laminó a un espesor de 5 mm. Las galletas se formaron utilizando un molde de acero inoxidable (60 mm de diámetro) y se colocaron en charolas de aluminio recubiertas con papel encerado. Se hornearon a 170°C durante 12 min en un horno de convección eléctrico (Rmmaxiplus, Romang S.A.). Las muestras de galletas horneadas se enfriaron durante 2 h a temperatura ambiente. Las galletas se almacenaron en bolsas de polietileno para análisis posteriores.



Color

La determinación de color se realizó por medio de un colorímetro Minolta CM-508d, que utiliza el sistema internacional CIELAB, el cual considera las desviaciones entre blanco y negro (luminosidad), rojo a verde y amarillo a azul, dando los parámetros L^*a^*b (AACC 14-22.01, 2000).

Análisis químico proximal

El contenido de proteína (46-12.01), lípidos (30-10.01), humedad (44-19.01), cenizas (08-01.01), fibra cruda (32-05.01) de las muestras se determinaron acorde a los métodos de la AACC. Los carbohidratos asimilables fueron calculados por diferencia entre los demás componentes y el peso total de la muestra.

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de varianza ANOVA en la fase experimental con una confiabilidad del 95%. Si se encontraron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey ($P > 0.05$) mediante el uso de software SigmaPlot 12.0.

Resultados y discusiones

Color en las galletas libres de gluten

El color es el principal factor para determinar la aceptabilidad de las galletas por parte del consumidor. La Fig. 2 muestra los resultados de la evaluación de color (CIE $L^*a^*b^*$ color system) en las galletas, donde, la luminosidad (L), es el parámetro más relevante. Se observa que conforme se incrementa el contenido de harina de frijol en las formulaciones la luminosidad disminuye siendo la galleta GT la de mayor luminosidad ($L=49.48$) y G50 con la menor ($L=34.60$), haciéndolas más oscuras. Se observa también en la representación gráfica de los productos el pardeamiento es más intenso.

Esto puede deberse a que el incremento de proteínas presentes en la galleta G50 produzca una reacción de Maillard más acelerada. La reacción de pardeamiento de Maillard y el efecto de pardeamiento de la enzima polifenol oxidasa en el caso de compuestos fenólicos, aumenta la formación de melanoidinas, lo que resulta en un oscurecimiento del producto. Estas reacciones de oscurecimiento están influenciadas por muchos factores, como la actividad del agua, el pH, la temperatura, los azúcares, el tipo y la proporción de compuestos amino (Cappa *et al.*, 2013). Se observa una tendencia similar en el color de galletas libres de elaboradas con harina (cruda y germinada) de chenopodium

(Jan *et al.*, 2016) donde el incremento de esta harina obtiene galletas de color más oscuro ($L=36.06$), comparables con G50 ($L=34.60$). A comparación de las galletas de harina compuesta de amaranto y avena (Inglett *et al.*, 2015) donde la luminosidad de las galletas elaboradas con esta harina ($L=50.91$) son similares a GT ($L=49.48$).

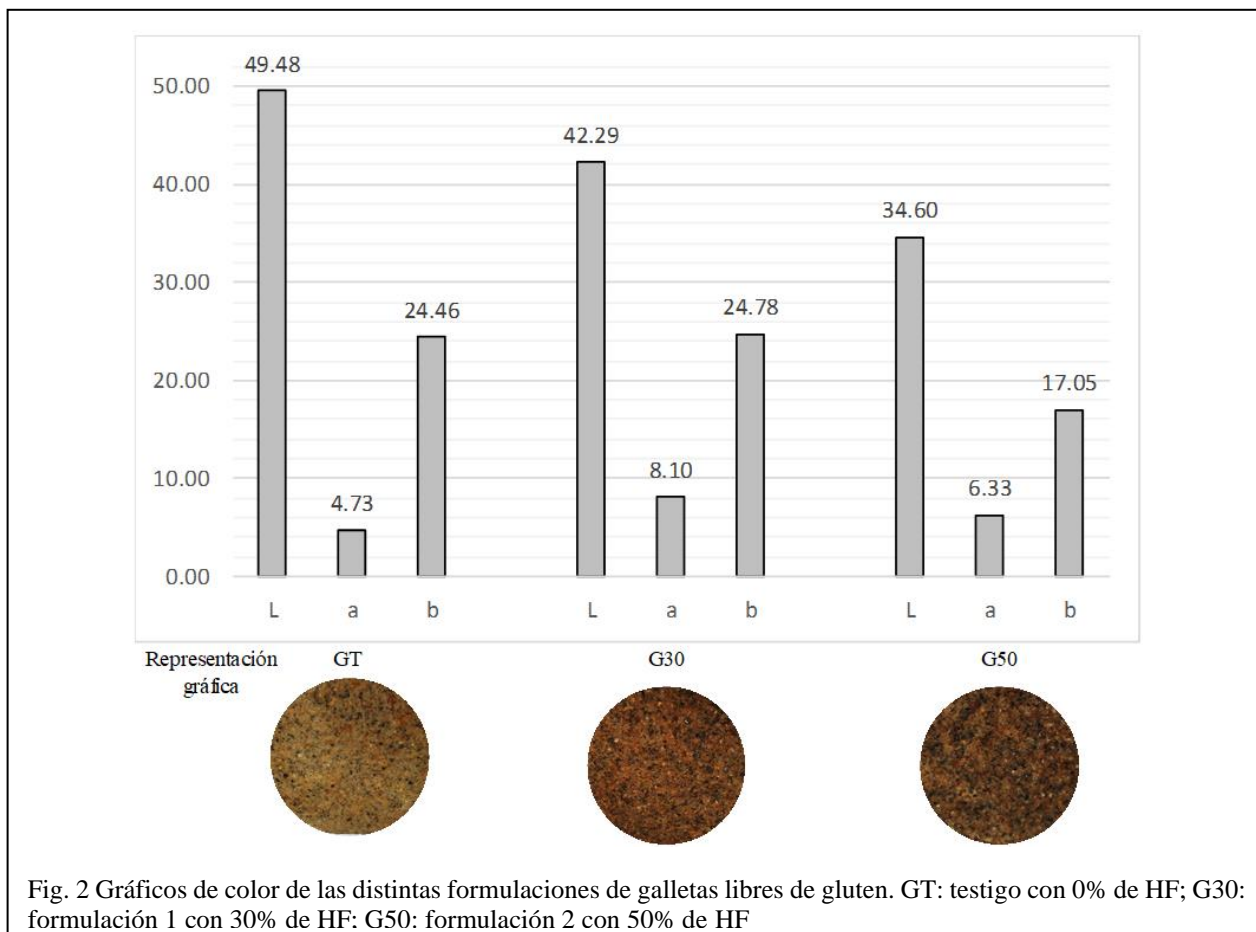


Fig. 2 Gráficos de color de las distintas formulaciones de galletas libres de gluten. GT: testigo con 0% de HF; G30: formulación 1 con 30% de HF; G50: formulación 2 con 50% de HF

Valor nutricional de galletas libres de gluten

Para un alimento procesado, el valor nutricional es de suma importancia para su posicionamiento en el mercado. Los nutrientes que aumentan el valor nutricional de los productos alimenticios son las cenizas (que corresponden a nutrimentos inorgánicos), las proteínas y la fibra dietaria, siendo incrementadas en las galletas conforme aumenta el uso de harina de frijol de Caxtilán. El valor nutricional obtenido de las muestras se observa en la Tabla 2. El contenido de compuestos inorgánicos (minerales), se vio incrementado en G50 (1.52 g/100g) comparado con el testigo (1.09g/100g), donde, la inclusión de harina de frijol de acuerdo con estudios de Ulloa *et al.* (2011) incrementa el contenido de calcio, fósforo, magnesio, hierro y zinc, en las galletas que también se presentan en el maíz morado (Castañeda-Sánchez, 2011).

La fibra dietaria es un compuesto que también se vio incrementado con el uso de harina de frijol de Caxtilán en las muestras, siendo 0.74 g/100g en GT, 1.34 g/100g en G30 y 1.55 g/100g en G50 respectivamente con diferencias estadísticamente significativas. La fibra dietaria que representa a los compuestos que no son digeridos en el sistema digestivo, derivados principalmente en este caso por las paredes celulares del endospermo del maíz morado y del frijol, identificándose principalmente pectinas, hemicelulosas, celulosas y ligninas.

Debido al método usado para la elaboración de las harinas de maíz morado y frijol, la presencia de fibra es importante al ser utilizados el grano y la semilla en forma nativa, sin retirar el salvado. La importancia del consumo de fibra dietaría como prebiótico es de suma importancia en la dieta al mantener el buen funcionamiento del colon, además de servir de sustrato para la flora intestinal.

Las proteínas, son el nutrimento más versátil, con más funciones biológicas y se sintetizan a partir de aminoácidos obtenidos en la dieta. Su valor nutrimental está definido por el contenido de aminoácidos esenciales, la bioaccesibilidad y la biodisponibilidad. En el caso de los cereales y las leguminosas se ha demostrado que el maíz y el frijol son complementarios, ya que la deficiencia de lisina del maíz es complementada con la deficiencia de metionina del frijol, en relación 1:1, sin embargo, está demostrado que las leguminosas tienen un mayor contenido proteico (Badui, 2015). En este caso, en las proteínas, se presencié el cambio más considerable al tener G50 el mayor contenido con 6.38 g/100g comparado con G30 (4.89 g/100g) y GT (3.75 g/100g) respectivamente.

Tabla 2. Análisis químico proximal y contenido calórico de las galletas libres de gluten

		GT	G30	G50
Composición químico proximal	(g/100 g bs)			
	Ceniza	1.09±0.02 ^a	1.36±0.03 ^b	1.52±0.01 ^c
	Proteína	3.75±0.04 ^a	4.89±0.08 ^b	6.38±0.32 ^c
	Lípidos	25.06±0.13 ^a	25.22±0.13 ^a	23.25±0.09 ^b
	Fibra dietaría	0.74±0.02 ^a	1.34±0.02 ^b	1.55±0.04 ^c
	Carbohidratos (por diferencia)	67.79±0.13 ^b	65.09±0.16 ^a	65.19±0.08 ^a
	Contenido energético (kcal)	511.70±4.40 ^a	506.90±4.33 ^b	495.53±3.63 ^c

Diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas (p<0.05) de acuerdo a la prueba de Tukey. GT: testigo con 0% de HF; G30: formulación 1 con 30% de HF; G50: formulación 2 con 50% de HF., bs: base seca.

Estos datos son similares a los obtenidos por Bassinello *et al.* (2011), cuya investigación consistió en elaborar galletas de harinas extrudidas a base de arroz y frijol mostrando que con una mezcla de harina de arroz y frijol (70:30), el contenido de proteína era de 3.89 g/100g. El objetivo de su investigación fue el de ofrecer a la población una alternativa de consumo de alimentos básicos, sobre todo en población infantil. El tipo de galleta elaborado muestra un alto contenido de lípidos siendo GT el de mayor contenido con 26.06 g/100g. debido a la naturaleza de la formulación. La materia grasa utilizada (grasa animal y grasa vegetal) otorgan al producto sabor, textura adecuada y prolonga la vida de anaquel. Por lo que se recomienda ser consumido con moderación.

Finalmente, el contenido de carbohidratos disponibles muestra una disminución en las muestras que contienen harina de frijol, donde de manera general supera el 50% del contenido total. Los carbohidratos presentes en el producto se componen principalmente de azúcar añadido de la formulación y carbohidratos nativos de las harinas (almidón). Por otra parte, se puede evaluar la calidad nutricional de un alimento al conocer el contenido energético, valorando en contenido de kcal por cada 100g de producto, siendo los lípidos los de mayor aportación con 9kcal

por gramo. Los productos libres de gluten por su naturaleza tienden a ser alimentos de alto contenido calórico, ya que sus componentes principales son carbohidratos (almidones y azúcares simples) y lípidos (de origen animal y vegetal).

Sin embargo, en investigaciones recientes se ha demostrado que los productos de panificación (pan o galletas). Sharma *et al.* (2016), mencionan que, en la elaboración de galletas libres de gluten, el uso de harinas de leguminosas incrementa el contenido de proteína en los productos, además de formar complejos fibra-proteína que son termoresistentes. Giuberti *et al.* (2017) menciona que, en los productos libres de gluten el contenido de almidón resistente (nativo de las harinas, granular en la formación de aglomerados y almidón retrogradado), puede disminuir el índice glucémico de estos alimentos aumentando su calidad nutricional.

Conclusiones

El estudio muestra que el uso de harina compuesta de maíz morado y frijol de Caxtilán es una alternativa para el uso de una fuente no convencional en la elaboración de galletas libres de gluten, donde, con un mayor contenido de harina de frijol que mejora el valor nutricional del alimento, incrementando el contenido de proteína, cenizas, fibra dietaria; y disminuye el contenido de carbohidratos asimilables. Sin embargo, en la evaluación del color se presentó un oscurecimiento en la galleta al incrementar el contenido de harina de frijol, por lo que es necesario realizar una evaluación sensorial para analizar el gusto del consumidor.

Bibliografía

- AACC. (2000). Approved methods of the AACC. 10ed. American Association of Cereal Chemist. St. Paul MN, USA.
- Almaguer, J., García, H., Padilla, M., Gonzáles, M. (2019). La dieta de la milpa. Modelo de alimentación mesoamericana biocompatible. Secretaria de Salud. México.
- Badui, S. (2015). La ciencia de los alimentos en la práctica. Edit. Pearson. México.
- Basinello, P., Freitas, D., Ascheri, J., Takeiti, C., Carvalho, R., Koakuzu, S., Carvalho, A. (2011)., Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. *Procedia Food Science*. 1645:1652. doi:10.1016/j.profoo.2011.09.243
- Cappa, C., Lucisano, M., Mariotti, M. (2013). Influence of Psyllium, sugar beet fiber and water on gluten-free dough properties and bread quality. *Carbohydrate Polymers*. 98:1657-1666.
- Castañeda-Sánchez, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays L.*). *Temas selectos de ingeniería de alimentos*. 5-2: 75-83.
- Ferreira T. & Conti-Silva A. (2017). Potentiality of gluten-free chocolate cookies with added inulin/oligofructose: Chemical, physical and sensory characterization. *LWT - Food Science and Technology*. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.031.
- Giuberti, G., Rocchetti, G., Sigolo, S., Fortunati, P., Lucini, L., Gallo, A. (2017). Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa L.*) flour into gluten-free rice cookies: nutritional, antioxidant and quality characteristics, *Food Chemistry*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.004>
- Inglett, G., Chen, D., Liu, S. (2015). Physical properties of gluten-free sugar cookies made from amaranth-oat composites. *LWT-Food Science and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.056>.

- Jan R., Saxena D., Singh S. (2016). Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten – free cookies made from raw and germinated Chenopodium (*Chenopodium album*) flour. *LWT-Food Science and Technology*. DOI 10.1016/j.lwt.2016.04.001
- Lozano-Aguilar O., Solórzano-Vega E., Bernal-Lugo I., Rebolledo-Robles H., Jacinto-Hernández Carmen. (2008). “Pinole” de alto valor nutricional obtenido a partir de cereales y leguminosas. *Ra Ximhai: Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*. Universidad Autónoma Indígena de México. ISSN: 1665-0441
- Macías C. (2017). La milpa. La ciencia de la milpa. OIKOS. Vol. 17:5-6.
- Mancebo M., Rodríguez P., Gómez M. (2016). Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.045>.
- Pestoric M., Sakac M., Pezo L., Skrobot D., Nedeljkovic N., Jovanov P., Simurina O., Mandic A. (2017). Physicochemical characteristics as the markers in predicting the self-life of gluten-free cookies. *Journal of Cereal Science*. 77: 172-179.
- Sakac M., Nedeljkovic N., Pestoric M., Mandic A., Misan A., Sedej I., Jambrec D., Jovanov P., Lazic V., Pezo L. (2016). Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies. *Journal of Cereal Science*. 69: 336-343.
- Sharma S., Saxena D., Riar C. (2016). Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets. *Journal of Cereal Science*. 72:153-161.
- Ulloa J., Ulloa P., Ramírez J., Ulloa B. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*. Año 3 No. 8 Julio.