

EVALUACION PROXIMAL Y MINERAL EN PAN DE CAJA DE HARINAS COMPUESTAS A BASE DE TRIGO, LEGUMINOSAS Y OLEAGINOSAS

Pérez-Hernández W. T.³, De la Cruz-Magaña Y.³, Miranda-Cruz E.¹, Ochoa-Flores A. A.¹, Corzo-Sosa C. A.¹,
López-Hernández E.¹, Hernández-Rodríguez C. O.² y Rodríguez-Blanco L.*¹

¹ Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias, Cuerpo Académico Biotecnología y Calidad Alimentaria UJAT-CA-208. División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Villahermosa, Tabasco. México.

² Escuela de Graduados en Administración y Dirección de Empresas EGADE BUSINESS SCHOOL, Tecnológico de Monterrey. Monterrey, Nuevo León. México.

³ Tesista de la Licenciatura de Ingeniería en Alimentos, DACA-UJAT.

*lyrodblan@gmail.com

RESUMEN:

En los países en desarrollo, las dietas deficientes en proteína y minerales representan uno de los problemas nutricionales principales, cuya magnitud podría disminuirse utilizando alimentos a base de materias primas accesibles para poblaciones vulnerables, que les aporten niveles de proteína y minerales biodisponibles para llevar a cabo sus funciones metabólicas vitales. Las principales fuentes vegetales de ambos nutrientes son: leguminosas, cereales, oleaginosas, raíces, tubérculos, frutas, entre otras. No obstante, las leguminosas y oleaginosas deben ser procesadas previamente, para disminuir los factores antinutricionales (FAN) y facilitar la biodisponibilidad de los nutrientes presentes en ellas. El pan, es uno de los productos alimentarios de mayor consumo mundial en todos los estratos sociales, y constituye el vehículo más adecuado para la complementación proteínica. Considerando las propiedades de complementariedad aminoacídica entre cereales y leguminosas, y las propiedades beneficiosas de las oleaginosas; se desarrolló un pan de caja con harinas compuestas integrales (HCI), a base de trigo, leguminosas y oleaginosas procesadas previamente, se analizó su composición proximal y mineral. Se destacaron los panes de pipián, ajonjolí y girasol, por sus niveles de proteína y minerales. El consumo de estos productos alimentarios puede apoyar los requerimientos nutricionales de poblaciones vulnerables e individuos con desórdenes metabólicos diversos.

ABSTRACT:

In developing countries, diets deficient in protein and minerals represent one of the main nutritional problems, whose magnitude could be reduced by using foods based on accessible raw materials for vulnerable populations, which provide levels of protein and bioavailable minerals to carry out its vital metabolic functions. The main vegetable sources of both nutrients are: legumes, cereals, oilseeds, roots, tubers, fruits, among others. However, legumes and oilseeds must be processed beforehand, to reduce antinutritional factors (AF) and facilitate the bioavailability of the nutrients present in them. Bread is one of the food products of greater world consumption in all social strata, and is the most suitable vehicle for protein supplementation. Considering the properties of aminoacidic complementarity between cereals and legumes, and the beneficial properties of oilseeds; a box bread was developed with integral composite flours (ICF), based on wheat, legumes and oilseeds previously processed, its proximal and mineral composition was analyzed. The pipian, sesame and sunflower breads stood out for their protein and mineral levels. The consumption of these food products can support the nutritional requirements of vulnerable populations and individuals with diverse metabolic disorders.

Palabras clave: Harinas compuestas, minerales, proteína, pan de caja.

Keywords: Composite flours, minerals, protein, box bread.

INTRODUCCIÓN

Las proteínas y los minerales dietarios constituyen dos nutrientes esenciales para la realización de actividades metabólicas vitales, relacionadas con el desarrollo óptimo de los seres humanos. En particular, las proteínas aportan los aminoácidos necesarios, para la síntesis de nuevas proteínas, péptidos y moléculas de bajo peso molecular, requeridas por el organismo para cumplir diversos roles biológicos (Wu, 2016). Los minerales actúan como parte estructural de varias moléculas y como cofactores enzimáticos, necesarios para el buen funcionamiento de las rutas bioquímicas del metabolismo de los seres vivos, y se clasifican como macrominerales y microelementos (Soetan *et al.*, 2010).

Ambos componentes, son afectados por la presencia de factores antinutricionales presentes en alimentos de origen vegetal, siendo el ácido fítico uno de los más importantes desde el punto de vista nutricional; este constituye el principal almacén de fósforo en semillas de plantas, su composición química le da la capacidad de quelar varios elementos, como cationes divalentes, proteínas y lípidos, con los cuales forma complejos que dificultan su biodisponibilidad en organismos monogástricos, incluyendo el humano, de ahí el término de antinutricionales, ya que el ácido fítico presente en varias semillas, como cereales y leguminosas, dificulta el acceso y aprovechamiento de estos nutrientes, generando deficiencias en los individuos que consumen alimentos a base de estas semillas sin un procesamiento previo, para disminuir principalmente el contenido de este FAN (Kumar *et al.*, 2010). Por consiguiente, en los individuos donde el aporte de nutrientes principal se basa en alimentos vegetales, la carencia de minerales (hierro, zinc, calcio, magnesio y manganeso) y de proteína es muy frecuente, como se observa en poblaciones vulnerables de países en desarrollo, con problemas de salud ocasionados por tales deficiencias. Dentro de las fuentes más importantes para estos nutrientes están los cereales y leguminosas, los cuales son deficientes en lisina y metionina respectivamente, cuando se consumen en forma independiente, pero al consumirse juntos y previamente procesados para disminuir los FAN (principalmente ácido fítico), se asegura contar con una fuente de proteína completa y los minerales necesarios, ambos disponibles biológicamente (FAO, 2016; Gupta *et al.*, 2015; Šramková *et al.*, 2009).

Existe un creciente interés de contar con alimentos de bajo costo, accesibles para poblaciones vulnerables principalmente niños, que cuenten con proteína completa y minerales disponibles biológicamente. Productos alimenticios que apoyen el aporte de ambos nutrientes; utilizando la combinación de diferentes fuentes vegetales; como cereales, leguminosas, tubérculos, frutas y otros (Ubekova *et al.*, 2015; Gupta *et al.*, 2015; Igbabul *et al.*, 2014; Malomo *et al.*, 2011). Un aspecto importante en esta búsqueda ha sido utilizar materia prima regional, y uno de los productos alimenticios más utilizados, es el pan, debido a su consumo masivo, y la factibilidad de sustituir una parte de la harina de trigo por otras harinas alternativas. Proporcionando ventaja económica y nutricional al producto final, fundamentado de la elaboración de harinas compuestas (Bressani *et al.*, 2008; Elías, 1996).

En base a lo anterior, en el trabajo presente se planteó el desarrollo de pan de caja, a partir de harina compuesta integral a base de trigo, frijol pelón o cowpea, pipián, ajonjolí, girasol o chía, con la finalidad de aumentar la proteína y el contenido de minerales en los panes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas utilizadas de frijol pelón o cowpea (*Vigna unguiculata*), como se le llama en la región sureste de México (Lagunes-Espinoza *et al.*, 2008), chía (*Salvia hispanica*), pipián (*Cucurbita argyrosperma* Huber), ajonjolí (*Sesamun indicum*) y girasol (*Helianthus annuus*), fueron adquiridas comercialmente; al igual que la harina de trigo integral. Las semillas de frijol pelón y pipián fueron fermentadas (Onweluzo y Nwabugwu, 2009), mientras que las de chía, girasol y ajonjolí fueron tostadas, para favorecer la disminución de FAN (ácido fólico).

La elaboración del pan de caja se llevó a cabo de acuerdo con la metodología clásica estándar para la elaboración de pan común, con la formulación siguiente: 100 % de harina de trigo blanca refinada, 2 % de sal, 2 % de levadura y 60 % de agua (Mesas y Alegre, 2002). Se hicieron modificaciones en la sustitución de la harina de trigo refinada por un 70 % de harina integral y la adición de un 15 % de harina integral de frijol pelón y un 15 % de harina integral de semilla de oleaginosa (chía, calabaza, girasol o ajonjolí).

De cada semilla procesada se obtuvieron las harinas integrales y se elaboraron las harinas compuestas, donde se ensayaron varias proporciones (Bressani *et al.*, 2008), hasta determinar la más cercana al testigo (Tabla I). Los minerales (P, Ca, Mg, K, Fe, Cu y Zn) y el análisis proximal (humedad, proteínas, extracto etéreo, cenizas) a los panes desarrollados, se realizaron de acuerdo con los métodos oficiales de análisis de la AOAC (2000). El contenido de carbohidratos totales (% peso seco) y energía, se estimaron de acuerdo con Pasricha *et al.* (2014). Las determinaciones se hicieron por triplicado. Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA utilizando el software SAS 9.2 para Windows, y una comparación múltiple de medias de acuerdo con el procedimiento de Tukey.

Tabla I. Formulación de las harinas compuestas integrales (% en masa).

Harina compuesta	Trigo	Frijol	*Oleaginosa
1	70	15	15
2	70	15	15
3	70	15	15
4	70	15	15
[∞] Testigo	100	---	---

*Oleaginosas en cada HCI: 1-Chía, 2-Pipián, 3-Ajonjolí y 4-Girasol.

[∞]Testigo. Harina de trigo comercial enriquecida con Ácido Fólico, Hierro y Zinc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Proximal

Los panes elaborados de harinas compuestas (Figura 1) a base de trigo, una leguminosa y otras semillas valiosas nutricionalmente (chía, pipián, ajonjolí y girasol), mostraron las características siguientes (Tabla II): todos presentaron valores diferentes ($p < 0.05$) de humedad, incluyendo al testigo (pan de trigo integral), presentando un intervalo de 29.86 a 34.49 %, estos valores están de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-F-159-S-1979 para pan de caja, que maneja niveles de humedad permitidos entre 30 a 38 % (Base húmeda). El contenido de humedad es el indicador de la estabilidad del grano, contenidos de humedad altos, incrementa la actividad microbiana, que deteriora el producto durante el almacenamiento. Contenidos de humedad mayores al 14 % no son aceptables. En caso de las cenizas, el pan de girasol presentó los valores más altos (3.07 %), superiores a los descritos en la misma norma; los

demás panes (incluyendo el testigo) presentaron valores similares, los cuales están acordes con la misma NOM, y están relacionados con la composición mineral de la harina utilizada (Bhatt y Gupta, 2015).

En extracto etéreo y carbohidratos totales, todos los panes (incluyendo el testigo), no presentaron diferencias para ambos parámetros ($p < 0.05$). Cabe destacar que, aunque los contenidos de grasa de los panes desarrollados son superiores a la norma, en su mayoría son ácidos grasos insaturados procedentes de las oleaginosas, y son benéficos para la salud; los contenidos encontrados presentaron valores similares a los reportados por Makinde y Akinoso (2014), para panes con ajonjolí negro. Mientras que los carbohidratos totales fueron similares a los reportados en la norma.

En relación a la proteína, se observan dos grupos, el testigo y el pan de chía con valores similares ($p < 0.05$), y están dentro del intervalo especificado por la NOM, mientras que los panes de pipián, girasol y ajonjolí, son superiores a los valores especificados por la NOM, aunque mayores que el testigo; con un intervalo de 9.86 a 10.73 % de proteína, valores mayores a los encontrados por Igbabul *et al.* (2014) en un pan a base de trigo, maíz y papa (8.76 %), y similares a datos reportados por Ndife *et al.* (2011) y Malomo *et al.* (2011), en panes de harinas compuestas con proporciones similares.

El contenido energético (Kcal/100 g) más alto lo presentaron los panes de girasol y pipián, con 277.78 y 268.31 Kcal/100 g respectivamente, mayores al testigo. Valores mayores a los descritos por Iombor *et al.* (2016), y menores a los reportados por Kiin-Kabari (2015) para un pan de trigo, plátano y concentrado proteínico de leguminosa, donde la energía (287.8 Kcal/100 g) proviene principalmente del contenido de carbohidratos. El contenido energético en panes de harinas compuestas depende de los contenidos predominantes de carbohidratos totales o grasas, como en caso de un pan con trigo-yuca y soya, que presenta un contenido energético superior (389.6-414.73 Kcal/100 g) a los reportados en este estudio, por la combinación de ambas fuentes de carbohidratos y grasas (Ayele *et al.*, 2017).



Figura 1. Pan de caja integral elaborado a base de harinas compuestas con trigo:leguminosa:oleaginosas (70:15:15).

Tabla II. Análisis proximal y contenido de energía de panes elaborados con harinas compuestas (% peso seco).

No	Tipo de pan	Humedad	Cenizas	Extracto Etéreo	Proteínas	Carbohidratos	Energía (Kcal/100 g)
1	Chía	34.49±0.09 ^a	2.69±0.004 ^b	4.74±3.13 ^a	9.27±0.02 ^b	48.78±3.25 ^a	246.43
2	Pipián	32.07±0.07 ^c	2.39±0.30 ^b	7.34±0.30 ^a	10.73±0.47 ^a	47.45±0.54 ^a	268.31
3	Ajonjolí	33.22±0.24 ^b	2.62±0.05 ^b	7.03±0.79 ^a	9.86±0.41 ^a	47.24±1.02 ^a	262.03
4	Girasol	29.86±0.17 ^d	3.07±0.002 ^a	8.13±0.44 ^a	9.91±0.12 ^a	49.01±0.13 ^a	277.78
5	Testigo [∞]	32.05±0.18 ^c	2.62±0.17 ^b	6.84±0.21 ^a	8.90±0.02 ^b	49.57±0.40 ^a	265.61

Medias con la misma letra en cada columna, no son diferentes significativamente ($p < 0.05$).

^aTestigo. Harina de trigo comercial fortificada con Ácido Fólico, Hierro y Zinc.

Minerales

La determinación de minerales (P, Ca, Mg, K, Fe, Cu y Zn) en los panes elaborados con las semillas ensayadas, se presenta en la Tabla III. De acuerdo con los valores presentados, se formaron de uno a tres grupos en cada tipo de mineral analizado. En caso del P, se observaron dos grupos: los panes de girasol, chía y pipián presentaron los valores más altos respectivamente ($p < 0.05$), dentro de un intervalo de 85.72 a 99.96 mg/100 g, a diferencia del segundo grupo que incluye el pan de ajonjolí y el testigo. Comportamiento similar fue reportado por Iombor *et al.* (2016), en un pan de trigo y ajonjolí blanco, destacando los contenidos altos de P, Mg y Ca.

Para Ca, se observaron dos grupos, el pan de ajonjolí que presentó los valores más altos ($p < 0.05$) con 80.61 mg/100 g, y el grupo que incluyó los panes de pipián, el testigo, girasol y chía, con un intervalo de 38.26 a 48.65 mg/100 g. En Mg se observaron dos grupos, el pan testigo, el pan de pipián y el pan de ajonjolí, presentaron los valores más altos ($p < 0.05$), con un intervalo de 109.44 a 117.46 mg/100 g. Mientras que el otro grupo del pan de chía y pan de girasol con valores menores, dentro de un intervalo de 87.48 a 93.62 mg/100 g.

Para K se encontraron tres grupos, el testigo que presentó los valores más altos ($p < 0.05$) con 320.69 mg/100 g, le siguió el pan de chía con 177.92 mg/100 g, y los panes de pipián, girasol y ajonjolí con los valores menores, dentro de un intervalo de 118.42 a 125.41 mg/100 g. Todos los panes experimentales, presentaron valores de K altos, superiores a los reportados por Iombor *et al.* (2016), con el doble de harina de ajonjolí utilizada en este estudio. Para el Cu, se observaron tres grupos, el testigo con el valor más alto ($p < 0.05$) con 4.29 mg/100 g, el pan de chía con 2.71 mg/100 g, y los panes de ajonjolí, girasol y pipián, con un intervalo de 0.67 a 0.83 mg/100 g. En caso de Fe, se observaron dos grupos, el testigo quien mostro los valores más altos ($p < 0.05$) con 14.70 mg/100 g, y los panes de pipián, chía, girasol y ajonjolí, con un intervalo de 5.37 a 8.06 mg/100 g. En caso del Zn, todos los panes (incluyendo el testigo, presentaron valores similares ($p < 0.05$), dentro de un intervalo de 4.98 a 5.70 mg/100 g.

Respecto a Fe y Zn, hay que destacar que la harina de trigo estaba enriquecida con ambos minerales, lo cual influyó en los valores observados para Fe, no así en caso de Zn, donde no hubo diferencia con los panes experimentales. Los valores de P, Ca, Fe y Mg, encontrados en los panes desarrollados, fueron superiores a los reportados por Igbabul *et al.* (2014), lo que tiene que ver con el tipo de fuente vegetal que se utilice para elaborar la harina compuesta. Para Fe y Zn, considerados los minerales más importantes, principalmente para la nutrición de niños, los valores descritos son superiores a los reportados por Malomo *et al.* (2011).

Tabla III. Minerales en panes elaborados con harinas compuestas (mg/100 g).

No	Tipo de pan	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn
1	Chía	99.72±5.51 ^a	48.65±3.27 ^b	87.48±1.11 ^b	177.92±1.95 ^b	5.94±1.46 ^b	2.71±0.62 ^b	5.70±0.26 ^a
2	Pipián	99.96±5.33 ^a	38.26±1.18 ^b	109.75±4.28 ^a	118.42±8.74 ^c	5.37±1.08 ^b	0.83±0.08 ^c	5.58±0.39 ^a
3	Ajonjolí	56.71±5.01 ^b	80.61±2.35 ^a	117.46±1.40 ^a	125.41±4.86 ^c	8.06±0.69 ^b	0.67±0.03 ^c	5.25±0.27 ^a
4	Girasol	85.72±5.41 ^a	48.05±0.28 ^b	93.62±5.74 ^b	121.42±5.79 ^c	6.85±0.98 ^b	0.69±0.00 ^c	4.98±0.27 ^a

5 Testigo^o 64.28±4.65^b 45.76±4.18^b 109.44±1.17^a 320.69±0.09^a 14.70±1.81^a 4.29±0.29^a 5.70±0.34^a

Medias con la misma letra en cada columna, no son diferentes significativamente (p<0.05).

^oTestigo. Harina de trigo comercial enriquecida con Ácido Fólico, Hierro y Zinc.

CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos tenemos que, dependen de la fuente utilizada para elaborar las harinas. La proporción de sustitución del trigo fue crucial en el aporte de los nutrientes en el producto final, principalmente proteína y minerales, que son dos nutrientes de gran impacto en el metabolismo humano, y por consiguiente del estado de salud. Fundamentado en el nivel de proteína son el de pipián, ajonjolí y girasol, mientras que a nivel de minerales todos se consideran muy buena fuente, además de que las semillas se procesaron para hacer más disponibles estos nutrientes. Es conveniente seguir ensayando otras materias primas para elaborar más productos alimenticios de harinas compuestas, que apoyen la nutrición de poblaciones vulnerables.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C., USA.
- Ayele, H. h., Bultosa, G., Abera, T., & Astatkie, T. (2017). Nutritional and sensory quality of wheat bread supplemented with cassava and soybean flours. *Cogent Food & Agriculture*, 3, 1331892.
- Bhatt, S. M., & Gupta, R. K. (2015). Bread (composite flour) formulation and study of its nutritive, phytochemical and functional properties. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4(2), 254-268.
- Bressani, R., Lezama, C., Gudiel, E., Rodas, B., De Ruíz, A. S, De Palomo, P., Villatoro, C., & Alvarado G. (2008). El uso de productos agrícolas locales en el desarrollo de alimentos complementarios. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 17, 34- 55.
- Elías, L. G. (1996). Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 121(2), 179-182.
- Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., & Singh, N. K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal Food Science and Technology*, 52(2), 676-684.
- Igbabul, B., Num, G., & Amove, J. (2014). Quality evaluation of composite bread produced from wheat, maize and orange fleshed sweet potato flours. *American Journal of Food Science and Technology*, 2(4), 109-115.
- Iombor, T. T., Onah, M. I., & Girgih, A. T. (2016). Evaluation of nutritional quality and consumer acceptability of wheat-sesame (*Triticum aestivum*-*Sesame indicum*) composite bread blends. *Journal of Nutritional Health & Food Science*, 4(3), 1-7.
- Kiin-Kabari, D. B. (2015). Physico-chemical and sensory properties of bread prepared from wheat and unripe plantain composite flours fortified with Bambara groundnut protein concentrate. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(5), 594-599.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition. *Food Chemistry*, 120, 945-959.

- Lagunes-Espinoza, L. C., Gallardo-López, F., Becerril-Hernández, H., & Bolaños-Aguilar, E. D. (2008). Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata* en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(1), 13-21.
- Malomo, S. A., Eleyinmi, A. F., & Fashakin, J. B. (2011). Chemical composition, rheological properties and bread making potentials of composite flours from breadfruit, breadnut and wheat. *African Journal of Food Science*, 5(7), 400-410.
- Mesas, J. M., & Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 307-313.
- Ndife, J., Abdulraheem, L. O., & Zakari, U. M. (2011). Evaluation of the nutritional and sensory quality of functional breads produced from whole wheat and soya bean flour blends. *African Journal of Food Science*, 5(8), 466-472.
- Norma Oficial Mexicana NOM-F-159-S-1979. Pan blanco de caja.
- Onweluzo, J. C., & Nwabugwu C. C. (2009). Fermentation of millet (*Pennisetum americanum*) and Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) seeds for flour production: Effects on composition and selected functional properties. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(6), 737-744.
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2016).
- Pasricha, V., Satpathy, G., & Gupta, R. K. (2014). Phytochemical & antioxidant activity of underutilized legume *Vicia faba* seeds and formulation of its fortified biscuits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(2), 75-80.
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200-222.
- Sramková, Z., Gregova, E., & Sturdík, E. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1), 115-138.
- Ubekova, S. B., Musaeva, S., Dautkanova, D. R., Dautkanov, N. B., & Usembayeva, Z. K. (2015). Usage of composite flour in pastry products. *Research Journal of Applied Sciences*, 10(2), 59-62.
- Wu, G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food and Function*, 7, 1251-1265.