

## Caracterización de Harinas Libres de Gluten y su Incorporación en Productos de Panificación

E. Nieto-Mazzocco<sup>1</sup>, A. K. Rangel-Contreras<sup>2</sup>, A. Saldaña-Robles<sup>1,3</sup>, M. R. Abraham-Juárez<sup>2</sup>, C. Ozuna<sup>1,3,\*</sup>

1 Posgrado en Biociencias, 2 Departamento de Alimentos, 3 Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Carretera Irapuato-Silao km 9, 36500 Irapuato, Guanajuato México. [\\*cesar.ozuna@ugto.mx](mailto:cesar.ozuna@ugto.mx).

### RESUMEN:

El objetivo de este estudio fue desarrollar un producto panificable libre de gluten a base de una harina compuesta de sorgo, arroz y amaranto. Se analizó la composición química proximal de las diferentes harinas. Los parámetros físicos y perfil de textura fueron evaluados en el producto panificable final. Las tres harinas presentaron altos porcentajes de carbohidratos, sin embargo, el contenido proteico y lipídico fue significativamente superior en la de amaranto. El contenido de fibra cruda fue superior en la harina de sorgo. Los productos elaborados con un mayor contenido de harina de sorgo y amaranto en su formulación presentaron menor altura, mayor dureza y una tendencia hacia un color oscuro, tanto en la miga como en la corteza, en comparación con el producto control (harina de trigo integral). Por otro lado, los productos elaborados con mayor porcentaje de harina arroz tuvieron una altura similar o mayor a aquellos elaborados principalmente con harina de sorgo. Su color fue más claro y tuvieron menos dureza que los productos elaborados con sorgo, acercándose a los valores del control. Los resultados sugieren una posible sustitución de la harina de trigo por harinas compuestas sin gluten en la elaboración de productos panificables con características similares.

**Palabras clave:** sorgo, amaranto, harina compuesta.

### ABSTRACT:

The aim of this study was to develop a gluten free bakery product based on a composite flour (sorghum, rice and amaranth). The chemical composition of the different flours was analyzed. The physical parameters and texture profile were evaluated in the final bakery product. The three flours presented high percentages of carbohydrates, however, the protein and lipid content was significantly higher in the amaranth flour, while the crude fiber content was significantly higher in the sorghum flour. The products elaborated with a higher content of sorghum and amaranth flour in their formulation showed lower height, higher hardness and a tendency towards darker color tones both in the crumb and the crust, when compared to the control (a bakery product made with whole wheat flour). On the other hand, the products with a higher percentage of rice flour presented similar or even higher height than those made mainly with sorghum flour. They were lighter in color and showed less hardness than the products made mainly with sorghum, reaching the control values for these variables. The results suggest a possible substitution of whole wheat flour by gluten free composite flours in the manufacture of bakery products with similar characteristics.

**Keywords:** sorghum, amaranth, composite flour.

## INTRODUCCIÓN

La demanda por productos panificables libres de gluten va en aumento, debido a la intolerancia que cierta fracción de la población tiene a las prolaminas presentes en las harinas comúnmente utilizadas en panificación, tales como el trigo, la avena, el centeno y la cebada (Sánchez *et al.*, 2002). Sin embargo, la sustitución del gluten, que contiene las prolaminas, presenta un desafío para la obtención de productos de buena calidad (Capriles *et al.*, 2016). Entre los cereales considerados aptos para ser consumidos por la población celíaca y en dietas especiales se encuentra el arroz, el amaranto y el sorgo ya que no contienen gluten (Lamacchia *et al.*, 2014).

La composición nutrimental del sorgo ha sido extensamente estudiada, encontrando que es rico en proteínas, carbohidratos, fibra dietética y minerales (Ahmed *et al.*, 2014). El interés sobre esta gramínea está aumentando considerablemente, debido a la resistencia que la planta muestra sobre las altas temperaturas y la sequía, condiciones que pueden surgir debido al cambio climático (Taylor *et al.*, 2006). En el arroz, uno de los principales nutrientes son los hidratos de carbono, aunque el arroz también aporta minerales, vitaminas (niacina y tiamina) y proteínas en bajas cantidades (Pacheco Bajaña & Mosquera Bejarano, 2012). En contraste, el amaranto posee valores nutricionales que sobrepasan a algunos cereales de uso común: un alto contenido de grasas mono y poliinsaturadas (Rastogi & Shukla, 2013) y cerca del 16% de proteína en comparación con el trigo (12-16%), el arroz (7-10%) y el maíz (9-10%) (USDA, 2010).

El empleo de harinas compuestas permite diseñar alimentos con un alto contenido en proteína, fibra, minerales, entre otros (Capriles *et al.*, 2016). El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un producto panificable libre de gluten a base de una harina compuesta (sorgo, arroz y amaranto), evaluando las propiedades físicas del mismo con la finalidad de obtener un producto con características similares o superiores al producto convencional elaborado con harina de trigo integral.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Obtención de harinas y análisis químico proximal.** Se emplearon tres tipos de harinas libres de gluten (sorgo, arroz y amaranto). En el caso de arroz y amaranto se trabajó con harinas comerciales, mientras que el grano del sorgo fue proporcionado por el Rancho el Brazo del municipio de Valle de Santiago, Guanajuato, México. Para la obtención de la harina de sorgo, el grano se limpió de manera manual y se molió en un molino eléctrico (Triunfo, Mod. 1000-1000-A). El análisis químico proximal de las diferentes harinas se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (2005): humedad (método 925.09), cenizas (método 923.03), grasa cruda (método 920.39), proteína (método 960.52) fibra total (método 991.43) y carbohidratos (método 939.03).

**Elaboración del producto panificable.** La elaboración del producto (panecillos dulces tipo *muffin*) consistió de los siguientes pasos: se mezclaron 150 mL de aceite vegetal junto con 125 g de azúcar en una batidora (KitchenAid, Mod. MKA5SSWH) durante 6 min a alta velocidad. Enseguida se añadieron dos piezas de huevo y se continuó con el batido por 2 min más. Posteriormente a este tiempo se añadió 100 mL de leche de vaca con 1 mL de extracto de vainilla y se continuó con el batido, repitiendo el tiempo anterior. Los ingredientes secos (250 g de harina y 8 g de polvo de hornear), que previamente fueron pesados y cernidos, se añadieron a la mezcla anterior con un tiempo de batido de 2.5 min. Se llenaron los capacillos con alícuotas de  $40.0 \pm 0.1$  g y se hornearon en un horno eléctrico

(Oster, Mod. TSSTTVSKBT) a 200°C durante 15 min. Los análisis físicos se llevaron a cabo 1 hora posterior al horneado.

En la Tabla I se presentan las diferentes formulaciones de harinas estudiadas en este trabajo para la elaboración de los productos panificables.

**Tabla I.** Composición de harinas libres de gluten (sorgo, arroz y amaranto) para las formulaciones evaluadas.

Formulación	Trigo integral(g)	Sorgo (g)	Arroz (g)	Amaranto (g)
Control	250	-	-	-
F1	-	137.50	70.00	42.50
F2	-	137.50	67.50	45.00
F3	-	132.50	75.00	42.50
F4	-	68.75	150.00	31.25
F5	-	87.50	125.00	37.50
F6	-	50.00	175.00	25.00
F7	-	112.50	125.00	12.50

**Análisis físicos del producto panificable.** Se midieron los parámetros físicos de los muffins, tales como la altura, el peso, el color (miga y corteza) y la textura. Todos los parámetros fueron medidos por quintuplicidad y expresados como promedio aritmético. En el caso de la altura y el peso del producto final, estos se midieron a través de un vernier y una balanza analítica (Electronic Balance, Ve-5000, EUA), respectivamente. El color de la miga y la corteza se determinó empleando un colorímetro (Hunterlab, modelo ColorFlex EZ), de acuerdo con el sistema CIE L\* a\* b\*. Finalmente, para evaluar la textura se llevó a cabo un análisis de perfil de textura (TPA) a través de un texturómetro (Stable Micro Systems, Mod. TA-XT2). El análisis estadístico se realizó mediante del análisis de varianza (ANOVA) con un análisis *post-hoc* de Tukey. Para determinar diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las formulaciones, los datos experimentales se analizaron mediante el programa estadístico Statgraphics versión 16.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización de harinas libres de gluten.** En la Tabla II se muestran los resultados obtenidos del análisis químico proximal realizados a las diferentes harinas libres de gluten estudiadas.

**Tabla II.** Análisis químico proximal (%) de harinas libres de gluten (sorgo, arroz y amaranto).

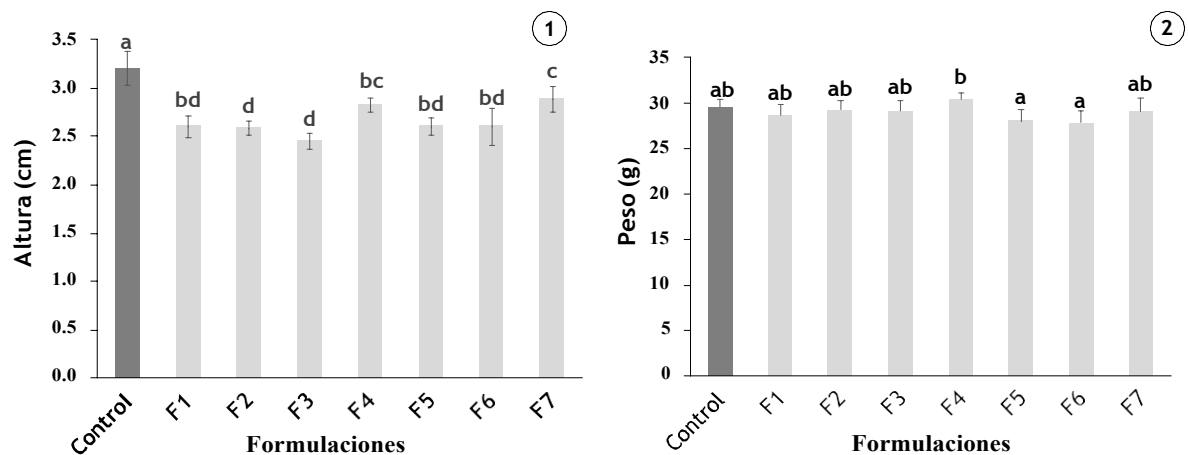
Harinas	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Humedad	Ceniza	Carbohidratos
Sorgo <sup>1</sup>	6.85±0.10 <sup>a</sup>	3.13±0.01 <sup>a</sup>	4.00±0.03 <sup>a</sup>	9.18±0.03 <sup>a</sup>	0.99±0.03 <sup>a</sup>	79.83±0.13 <sup>b</sup>
Arroz <sup>2</sup>	7.14±0.08 <sup>b</sup>	1.43±0.01 <sup>b</sup>	0.68±0.02 <sup>b</sup>	10.45±0.03 <sup>b</sup>	0.72±0.02 <sup>b</sup>	80.25±0.15 <sup>c</sup>
Amaranto <sup>3</sup>	17.14±0.12 <sup>c</sup>	8.02±0.05 <sup>c</sup>	2.21±0.02 <sup>c</sup>	5.51±0.02 <sup>c</sup>	3.61±0.05 <sup>c</sup>	65.71±0.16 <sup>a</sup>

1) *Sorghum vulgare*, 2) *Oryza sativa*, 3) *Amaranthus cruentus*. Los superíndices a, b, c y d muestran grupos homogéneos establecidos a partir de los intervalos de Tukey ( $p < 0.05$ )

En términos generales, las tres harinas presentan altos porcentajes de carbohidratos. Sin embargo, el contenido de proteína es significativamente ( $p < 0.05$ ) superior en el amaranto respecto a los otros cereales estudiados. Rastogi & Shukla (2013) reportan que el grano de

amaranto por sí mismo es una fuente importante de proteína, pero su importancia no radica solo en la cantidad, sino también en la calidad de la proteína ya que esta cuenta con un excelente balance de aminoácidos (ante todo los esenciales). Al comparar el contenido de grasa de los diferentes cereales, el amaranto posee un alto contenido de grasa en comparación con el sorgo y el arroz (Tabla I). Finalmente, el sorgo presenta el mayor contenido de fibra cruda, seguida del amaranto, lo que significa que posee un alto contenido de  $\alpha$  y  $\beta$ -glucanos, celulosa, hemicelulosa, pectinas y lignina (Surco Almendras & Alvarado, 2010).

**Análisis físicos del producto final.** En la Figura 1(1) se compara la altura de los productos finales realizados de las diferentes formulaciones respecto al control. Todas las formulaciones estudiadas de harinas compuestas tuvieron una altura significativamente menor que el control. Sin embargo, las formulaciones que más altura obtuvieron entre las harinas compuestas fueron la F4 y la F7, es decir, mezclas con más contenido de la harina de arroz seguido por la harina de sorgo, y con menores cantidades de la harina de amaranto. Por otra parte, las formulaciones F2 y F3 a base de harina de sorgo y con más alto contenido de harina de amaranto obtuvieron alturas significativamente menores que el resto de las formulaciones. Esto se puede deber al hecho de que tanto el sorgo como el amaranto poseen un alto contenido de fibra, lo cual está estrechamente relacionada con la altura (Peressini & Sensidoni, 2009). Por el contrario, la formulación F7 muestra una tendencia muy similar al control, probablemente debido al bajo contenido de harina de amaranto en



**Figura 1.** Efecto de las diferentes formulaciones de harinas libres de gluten en la altura (1) y el peso (2) de los muffins. Los superíndices a, b, c y d muestran grupos homogéneos establecidos a

la formulación y a la naturaleza de las proteínas del arroz.

En la Figura 1(2) se muestra el peso de las formulaciones de los muffins, observando que no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre ellas. Por tal motivo, el peso no se considera una propiedad física que se pueda ver afectada por la sustitución de estas harinas.

En la Tabla III se presentan los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la corteza y la miga del producto final. Las formulaciones F2 y F3 muestran valores de luminosidad más bajos en relación al control y al resto de las formulaciones, tanto en la corteza como en la miga. Este color más oscuro se puede deber a mayor cantidad de harina de sorgo y amaranto en las

formulaciones F2 a F3. Guzmán Urrutia *et al.* (2015) reportan que galletas elaboradas con una mayor proporción de harina de amaranto tienden a ser más oscuras. Por otro lado, Schober *et al.* (2005) demostraron que el color de la miga en productos panificables a base de sorgo puede parecer más oscuro debido a los reflejos de luz en los vacíos de la miga de pan.

**Tabla III.** Efecto de las diferentes formulaciones de harinas libres de gluten en las coordenadas de color CIEL\*a\*b\* en la corteza y miga del producto final.

Formulación	L*		a*		b*	
	Corteza	Miga	Corteza	Miga	Corteza	Miga
Control	43.60±4.44 <sup>bc</sup>	58.09±1.25 <sup>a</sup>	16.01±1.19 <sup>ab</sup>	8.13±0.21 <sup>a</sup>	25.88±4.39 <sup>b</sup>	27.33±0.66 <sup>b</sup>
F1	42.33±2.99 <sup>b</sup>	43.79±0.98 <sup>d</sup>	15.08±0.45 <sup>ab</sup>	8.53±0.23 <sup>a</sup>	25.58±2.43 <sup>b</sup>	23.61±0.48 <sup>a</sup>
F2	35.72±3.51 <sup>a</sup>	42.96±1.02 <sup>d</sup>	13.37±1.89 <sup>a</sup>	8.75±0.19 <sup>a</sup>	19.15±4.22 <sup>a</sup>	23.99±0.53 <sup>a</sup>
F3	34.70±1.86 <sup>a</sup>	45.50±2.14 <sup>d</sup>	13.75±0.46 <sup>a</sup>	8.60±0.12 <sup>a</sup>	20.37±1.31 <sup>a</sup>	24.33±0.73 <sup>a</sup>
F4	49.63±2.04 <sup>c</sup>	51.16±2.05 <sup>bc</sup>	16.98±1.13 <sup>ab</sup>	6.83±0.29 <sup>a</sup>	39.17±0.51 <sup>c</sup>	29.55±0.71 <sup>c</sup>
F5	44.83±2.27 <sup>bc</sup>	58.38±1.12 <sup>bc</sup>	16.96±0.59 <sup>ab</sup>	8.22±0.18 <sup>a</sup>	39.27±0.31 <sup>c</sup>	30.52±0.46 <sup>c</sup>
F6	47.15±4.94 <sup>bc</sup>	53.57±3.7 <sup>c</sup>	15.16±4.91 <sup>ab</sup>	7.66±4.34 <sup>a</sup>	30.19±2.14 <sup>b</sup>	26.87±1.16 <sup>b</sup>
F7	47.50±2.88 <sup>bc</sup>	49.31±1.97 <sup>b</sup>	18.50±1.00 <sup>b</sup>	7.58±0.25 <sup>a</sup>	39.12±0.89 <sup>c</sup>	27.01±1.86 <sup>b</sup>

Los superíndices a, b y c muestran grupos homogéneos establecidos a partir de los intervalos de Tukey ( $p<0.05$ ).

En la Tabla IV se encuentran los valores del análisis de perfil de textura (TPA) del producto final. La textura es una de las principales características de los productos de panificación que puede ser afectada por la adición de fibra (Peressini & Sensidoni, 2009). El análisis de TPA realizado en las diferentes formulaciones muestra una disminución estadísticamente significativa ( $p<0.05$ ) en la masticabilidad y la elasticidad de las cuatro formulaciones a base de arroz (F4, F5, F6 y F7) en comparación con el control. Sin embargo, la gomosidad y la dureza no cambiaron en comparación con el control.

**Tabla IV.** Determinación del perfil de TPA del producto final

Formulación	Masticabilidad	Gomosidad	Dureza	Cohesividad	Elasticidad
Control	0.036±0.020 <sup>a</sup>	0.057±0.022 <sup>a</sup>	0.124±0.043 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>bc</sup>	0.63±0.05 <sup>a</sup>
F1	0.028±0.004 <sup>ab</sup>	0.050±0.006 <sup>a</sup>	0.355±0.065 <sup>a</sup>	0.45±0.03 <sup>abc</sup>	0.55±0.05 <sup>ab</sup>
F2	0.022±0.006 <sup>abc</sup>	0.451±0.068 <sup>b</sup>	0.874±0.483 <sup>b</sup>	0.42±0.01 <sup>abc</sup>	0.51±0.03 <sup>bc</sup>
F3	0.026±0.010 <sup>ab</sup>	0.390±0.128 <sup>b</sup>	0.912±0.262 <sup>b</sup>	0.43±0.02 <sup>abc</sup>	0.50±0.05 <sup>bc</sup>
F4	0.021±0.002 <sup>bc</sup>	0.034±0.002 <sup>a</sup>	0.075±0.008 <sup>a</sup>	0.47±0.02 <sup>c</sup>	0.57±0.02 <sup>ab</sup>
F5	0.011±0.004 <sup>c</sup>	0.019±0.006 <sup>a</sup>	0.054±0.016 <sup>a</sup>	0.41±0.01 <sup>ab</sup>	0.45±0.05 <sup>c</sup>
F6	0.011±0.003 <sup>c</sup>	0.023±0.004 <sup>a</sup>	0.058±0.009 <sup>a</sup>	0.40±0.01 <sup>a</sup>	0.44±0.04 <sup>c</sup>
F7	0.015±0.001 <sup>bc</sup>	0.029±0.002 <sup>a</sup>	0.080±0.018 <sup>a</sup>	0.42±0.02 <sup>abc</sup>	0.53±0.01 <sup>bc</sup>

Los superíndices a, b, c y d muestran grupos homogéneos establecidos a partir de los intervalos de Tukey ( $p<0.05$ ).

Por otro lado, las formulaciones elaboradas con una mayor concentración de sorgo y amaranto (F2 y F3) muestran tanto un incremento en la dureza y en la gomosidad como una disminución en la elasticidad. Por tanto, la fuerza que se requiere para desintegrar el

alimento antes de ser deglutido debe ser mayor en caso de estas formulaciones (Trinh & Glasgow, 2012). Esto también se podría atribuir al alto contenido de fibra que tienen ambas harinas. Guzmán Urrutia *et al.* (2015) demostraron que al incrementar el porcentaje de harina de amaranto la dureza de la galleta también aumentó.

En conclusión, los resultados sugieren una posible sustitución de la harina de trigo integral por harinas compuestas sin gluten en la elaboración de productos panificables ricos en fibra dietética y aptos para el consumo de personas celíacas. Sin embargo, es necesario realizar un diseño experimental que permita optimizar los porcentajes de cada una de las harinas libres de gluten para obtener un producto con características físicas similares o superiores a los productos convencionales existentes en el mercado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, S. O., Abdalla, A. W. H., Inoue, T., Ping, A., & Babiker, E. E. (2014). Nutritional quality of grains of sorghum cultivar grown under different levels of micronutrients fertilization. *Food chemistry*, 159, 374-380.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18a ed., Gaithersburg: AOAC.
- Capriles, V. D., dos Santos, F. G., & Arêas, J. A. G. (2016). Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, 67, 83-91.
- Guzmán Urrutia, M. P., & López Lemus, P. G. (2015). Propuesta de formulación de galletas elaboradas con harina compuesta de *Amaranthus cruentus* (Amaranto) y *Sorghum bicolor* L. Moench (Sorgo) (Tesis Doctoral, Universidad de El Salvador).
- Pacheco Bajaña, J. F., & Mosquera Bejarano, M. E. (2012). Diseño de una línea de producción para la elaboración de pan a partir de la harina de amaranto (*amaranthus hybridus*) y harina de arroz (*oryza sativa*) para celíacos (Tesis Licenciatura, Ecuador).
- Peressini, D. & Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and bread making properties of wheat dough. *Journal Cereal Science*, 49(2): 190-201.
- Lamacchia, C., Camarca, A., Picascia, S., Di Luccia, A., & Gianfrani, C. (2014). Cereal-based gluten-free food: How to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. *Nutrients*, 6(2), 575-590.
- Rastogi, A., & Shukla, S. (2013). Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 109-125.
- Sánchez, H. D., Osella, C. A. & de la Torre, M. A. (2002). Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. *Journal of Food Science* 67(1), 416-419.
- Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., & Arendt, E. K. (2005). Gluten -free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82(4), 394- 404.
- Surco Almendras, J. C., & Alvarado Kirigin, J. A. (2010). Harinas compuestas de sorgo-trigo para panificación. *Revista Boliviana de Química*, 27(1), 19-28.
- Taylor, J. R. N., Schober, T. J., & Bean, S. R. (2006). Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*, 44(3), 252–271.
- Trinh, K. T., & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. Chemeca 2012: Quality of life through chemical engineering: 23-26 September 2012, Wellington, New Zealand, 749.
- United States Department of Agriculture. Nutrient Data Laboratory (USDA). 2010. Disponible en: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/measure.pl>. Fecha de acceso: marzo,2017.