

## COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN GALLETA SALADA A BASE DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES

M. Hernández-Ayala, D. Castañeda-Arriaga, MdL. Corona-Castro, A.K. Rangel-Contreras, M.J. Flores-Mosqueda y A. Cerón García \*

Ingeniería en alimentos, Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca. \* [abel.ceron@ugto.mx](mailto:abel.ceron@ugto.mx)

### RESUMEN:

El mango es una fruta tropical rica en azúcares, fibra, vitamina A y C, y  $\beta$ -carotenos. Además, es una de las frutas con más antioxidantes, básicamente compuestos fenólicos y flavonoides. Sin embargo, durante su transformación en jugos, néctares y pulpas, se generan una gran cantidad de residuos agroindustriales poco aprovechados. Por otro lado, las galletas saladas son un alimento altamente consumido pero que proporciona un bajo aporte nutrimental. Por tal razón esta, se elaboraron galletas saladas parcialmente sustituidas con harina de fibra de mango con la finalidad de incrementar el contenido de compuestos bioactivos en este producto. Se evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de fibra de mango en tres niveles (0, 10 y 20%) determinando los niveles de fenoles y flavonoides totales, así como su capacidad antioxidante. La sustitución parcial con harina de fibra de mango en galleta salada incremento significativamente en nivel de compuestos bioactivos en el producto alimenticio desarrollado confiriéndole valor agregado, además se demostró el bajo nivel en compuestos bioactivos que presenta un producto comercial.

### ABSTRACT:

The mango is a tropical fruit rich in sugar content, fiber, vitamin A and C, and  $\beta$ -carotens. Moreover, mango is one of the most antioxidant content fruit, basically phenolic compounds and flavonoids. Perhaps, during their transformation into juices, nectars and pulps, many agroindustrial waste underutilized are generated. On the other hand, baking salty crackers are highly consumed food which provides a low nutritional intake. For this reason, partially substituted crackers with mango fiber flour were produced in order to increase the content of bioactive compounds in this product. The effect of the partial replacement of flour wheat flour with mango fiber flour at three levels (0, 10 and 20%) were evaluated by their phenolic compounds, total flavonoids and antioxidant capacity. Partial substitution with mango fiber flour significantly increased the level of bioactive compounds in the added value food product developed and also showed the low level of bioactive compounds having a commercial product.

**Palabras clave:** Antioxidantes, residuos agroindustriales, valor agregado.

**Keywords:** Added value, agroindustrial waste, antioxidants.

**Área:** Cereales, leguminosas y oleaginosas / Alimentos funcionales.

### INTRODUCCIÓN

La cadena agroindustrial del mango en nuestro país está dirigida en dos terceras partes al sector primario y una tercera parte al sector secundario, del cual el 80% se

destina a la producción de pulpas, jugos y néctares. De acuerdo al estudio de la Cadena Agroalimentaria del Mango (2003) por Sumaya-Martínez et al., (2012), uno de los problemas más importantes de la transformación del mango es el mínimo desarrollo tecnológico para su industrialización, por lo que se privilegia su venta en fresco, lo que implica que los productos finales tengan un bajo valor agregado en el mercado y se generen grandes cantidades de desperdicios o desechos (aproximadamente 40%). Desde el punto de vista nutricional, el mango (*Mangifera indica* L.) es una fuente importante de fibra y vitaminas. La pulpa presenta una concentración significativa de compuestos bioactivos tales como vitamina A, así como antioxidantes entre ellos la vitamina C y E, polifenoles, carotenos, entre otros. Además de presentar una importante concentración de minerales como K, Mn, Fe, P y Ca. Así mismo, la pulpa contiene fibra soluble, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y taninos (Sánchez et al., 2000).

En nuestro país los desechos o subproductos agrícolas (cáscaras, huesos, bagazo, frutas y vegetales dañados o con problemas de madurez y calidad) representan un problema ambiental ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo. Dichos subproductos son generados en grandes volúmenes y sólo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal de bajo valor agregado. Por lo tanto, resulta fundamental aprovechar estos residuos agroindustriales a fin de incorporar los compuestos bioactivos, tales como fenoles y flavonoides, así como su capacidad antioxidante (DPPH) en productos alimenticios que no los poseen, tal es el caso de galletas saladas, las cuales son productos alimenticios altamente consumidos pero que su aporte nutricional no es el adecuado. Con esta investigación se logró incrementar el contenido de compuestos bioactivos (fenoles y flavonoides), así como la capacidad antioxidante en galletas saladas adicionadas con harina de fibra de mango (HFM).

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Todos los reactivos químicos utilizados corresponden a un grado reactivo. En cuanto a ingredientes (harina, margarina, ajo, pimienta, levadura, sal, azúcar, leche), para la preparación de las diferentes formulaciones, estos fueron adquiridos en un centro comercial de Irapuato, Gto. La HFM, proveniente de desechos agroindustriales de una planta procesadora de mango, fue proporcionada por el Laboratorio de propiedades físicas de los alimentos de la Universidad de Guanajuato.

#### **Obtención de muestras**

Para la elaboración de las galletas, primeramente, la levadura fue disuelta en leche con la posterior incorporación de especias y harina. A continuación, se añadió la manteca fundida y todos los ingredientes fueron integrados mediante un amasado manual, hasta suavizar la masa y proceder a estirla con ayuda de un rodillo. Se cortaron piezas circulares y fueron dispuestas en una charola engrasada para ser horneadas durante 8 min a 350 °F.

#### **Tratamientos evaluados**

Dentro de la formulación diseñada, se evaluaron 3 niveles de adición para la harina de fibra de mango (0, 10 y 20%) para el control, Formulación 1 y Formulación 2, respectivamente, y utilizando como Testigo un producto comercial.

### **Caracterización fisicoquímica de harinas y producto elaborado**

Tanto en las harinas como los productos elaborados se analizó su color (escala CIE L\*a\*b\*) mediante el colorímetro ColorFlex-EZ (HunterLab), su actividad de agua (Aqualab) y su pH (Conductronic pH100); para esto las galletas se trituraron y se homogenizaron en un mortero. Mientras que la HFM y harina refinada fueron analizadas sin procesamiento previo.

### **Determinación de Compuestos Fenólicos totales**

A partir de 1 g de muestra se realizó una extracción con 10 ml de metanol (80%). La mezcla fue agitada durante a 1 h a temperatura ambiente y protegida de la luz. Posteriormente, se centrifugo (4000 x g, 15 min) para separar el sobrenadante. Una alícuota de 250 µL del extracto metanólico se mezcló con 2 mL de carbonato de sodio (7%; p/v) y 250 µL de reactivo Folin-Ciocalteau (1:4; v/v). La mezcla de reacción se dejó reposar 1 h en oscuridad y se leyó la absorbancia a 765 nm. Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco. Se utilizó ácido gálico como estándar (Slinkard y Singleton, 1977).

### **Determinación de flavonoides totales**

A partir de 1 g de muestra se realizó la extracción con 10 mL de metanol (80 %). Esta mezcla se llevó a ebullición (80-58°C) por 1 h. Posteriormente, las muestras fueron enfriadas en hielo y se centrifugaron (4000 x g, 15 min) para obtener el sobrenadante. Una alícuota de 0.25 mL del extracto metanólico se mezcló con 50 µL AlCl<sub>3</sub>-6 H<sub>2</sub>O (10 %), 50 µL de acetato de potasio 1 M y 1 mL de metanol (80 %). Dicha mezcla fue homogenizada y se midió su absorbancia a 415nm. Los resultados se expresaron en equivalentes de quercetina por gramo de peso seco y se utilizó quercetina como estándar (Khanam et al., 2012).

### **Determinación de la capacidad antioxidante**

La capacidad antioxidante se estimó por el método de secuestro del radical 1,1-Diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) (Ajila *et al.*, 2008). La extracción se realizó mezclando 1 g de muestra con 10 mL de metanol (80%), se sometió a agitación durante 1 h a temperatura ambiente y se centrifugó (4000 x g, 15 min) reservándose el sobrenadante y el residuo se volvió a mezclar con 10 mL de acetona 80% y fue centrifugado (4000 x g, 15 min); se mezclaron los sobrenadantes resultantes y se almacenaron a -20°C. Para la determinación de la actividad DPPH se usó 200 µL del extracto junto con 1 mL de DPPH 100 µM. Se agitó por 20 min a temperatura ambiente en oscuridad y se midió absorbancia a 517 nm. Los resultados se reportan de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Actividad de secuestro (\%)} = [100A_s / A_o] \times 100 \quad [1]$$

donde: A<sub>s</sub>: absorbancia de la muestra, A<sub>o</sub>: absorbancia del control.

### **Análisis estadísticos**

El análisis de datos se realizó mediante un ANOVA con un nivel de probabilidad de 0.05 %. Al encontrar diferencias significativas entonces se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan usando en software estadístico NCSS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se caracterizó, tanto la harina de trigo refinada como la HFM en términos de color,  $a_w$  y pH. La luminosidad fue mayor en la muestra de harina refinada que en la HFM. En cuanto a los valores cromáticos  $a^*$  y  $b^*$  se apreció una tendencia hacia el color amarillo con tonalidades rojizas para la HFM contrario a los valores obtenidos para estos parámetros en la harina refinada (Tabla I). La HFM presentó valores mayores de  $a_w$  que la harina refinada, mientras que el valor de pH determinado para ambos ingredientes presentó valores cercanos a la neutralidad para la harina refinada y valores ácidos para la HFM (Tabla I).

**Tabla I.** Caracterización fisicoquímica de harina usada en la formulación de galleta salada

Muestra	Color			$a_w$	pH
	L*	$a^*$	$b^*$		
Trigo	90.326 <sup>b</sup> ±0.025	0.340 <sup>a</sup> ±0.001	8.886 <sup>a</sup> ±0.032	0.287 <sup>a</sup> ±0.016	6.186 <sup>b</sup> ±0.023
HFM	68.373 <sup>a</sup> ±0.145	4.526 <sup>b</sup> ±0.090	20.206 <sup>b</sup> ±0.232	0.423 <sup>b</sup> ±0.011	4.290 <sup>a</sup> ±0.043

Nota: Promedio de 3 réplicas ± desviación std.  
Diferentes letras en columnas representan diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

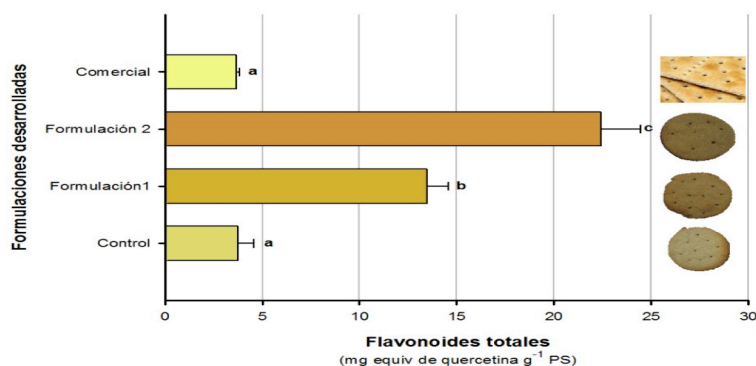
Para la caracterización fisicoquímica de la galleta se encontró que la luminosidad fue mayor en el producto comercial respecto a las formulaciones de galleta sustituida con HFM. Mientras que el valor de cromaticidad  $a^*$  (verde-amarillo) los productos elaborados presentan valores mayores respecto al producto comercial. La misma tendencia fue encontrada para los valores de cromaticidad  $b^*$  (azul-rojo). De manera global, en las galletas sustituidas con HFM se aprecia una coloración que tiende al amarillo oscuro conforme mayor sea el porcentaje de HFM añadido, contrario a colores claros encontrados en el producto comercial (Tabla II). Respecto a los valores de  $a_w$  se encontró una tendencia inversamente proporcional al porcentaje de HFM añadida, mientras que la muestra comercial fue la que presentó los mayores valores de  $a_w$ . En cuanto al pH en las diferentes galletas saladas elaboradas se encontraron niveles que tienden hacia valores ácidos (5.13 a 5.7) respecto a los valores cercanos a la neutralidad (7.157) detectados para el producto comercial (Tabla II).

**Tabla II.** Caracterización fisicoquímica de diferentes formulaciones de galleta salada

Muestra	Color			$a_w$	pH
	L*	$a^*$	$b^*$		
Control	67.977 <sup>b</sup> ±0.064	9.423 <sup>c</sup> ±0.050	30.837 <sup>b</sup> ±0.055	0.397 <sup>b</sup> ±0.021	5.703 <sup>c</sup> ±0.032
Formulación 1	58.590 <sup>a</sup> ±0.020	11.607 <sup>d</sup> ±0.015	32.130 <sup>c</sup> ±0.010	0.355 <sup>a</sup> ±0.021	5.347 <sup>b</sup> ±0.015
Formulación 2	61.593 <sup>b</sup> ±0.577	8.607 <sup>b</sup> ±0.021	30.130 <sup>b</sup> ±0.095	0.474 <sup>c</sup> ±0.004	5.133 <sup>a</sup> ±0.006
Comercial	81.580 <sup>c</sup> ±0.132	2.383 <sup>a</sup> ±0.074	23.713 <sup>a</sup> ±0.106	0.532 <sup>d</sup> ±0.064	7.157 <sup>d</sup> ±0.006

Nota: Promedio de 3 réplicas ± desviación std. Diferentes letras representan diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

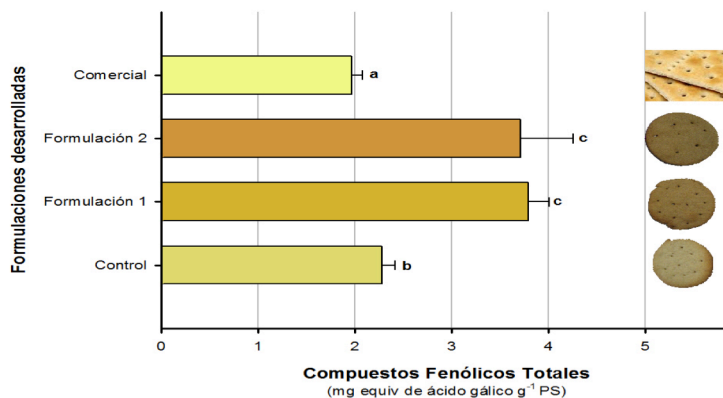
Se analizaron los flavonoides totales en galleta salada parcialmente sustituida con HFM; comparándose con una galleta comercial y un control encontrándose diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) (Figura 1). Este incremento resultó directamente



**Figura 1.** Cambios en flavonoides totales en galleta salada con HFM. Promedio de 3 réplicas  $\pm$  desviación std. Diferentes letras representan diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

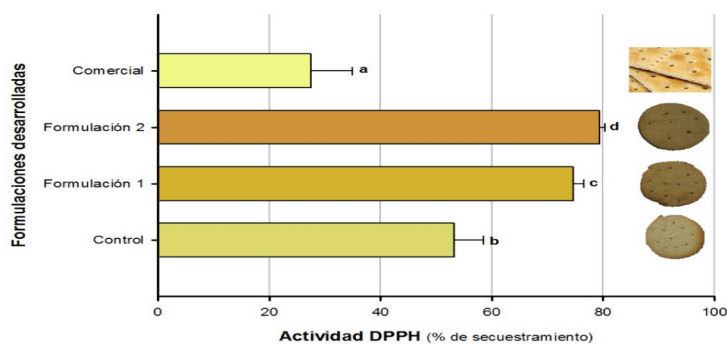
proporcional a la adición de HFM en la formulación de galletas saladas. A pesar de que, en la galleta comercial y control, el nivel de flavonoides fue similar resultó menor al nivel detectado en las galletas sustituidas con HFM. Esto muestra que las galletas hechas a base de HFM pueden contribuir a la salud del consumidor, debido a alto nivel de flavonoides. Se han identificado más de 5000 variedades de flavonoides que agrupan flavonas, flavonoles, antocianinas, flavanoles, flavanonas e isoflavonas (Hertog y Hollman, 1996).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios presentes en las plantas, los cuales poseen una característica en cuanto a estructura; un grupo fenol, y se comportan como excelentes antioxidantes debido a la reactividad de este grupo. Los compuestos fenólicos son de interés debido a su posible contribución al gusto (astringencia, la amargura, y acidez) y la formación de sabores en los alimentos, incluidos el té, café y jugos de frutas, durante el almacenamiento. Para el caso de las galletas parcialmente sustituidas con HFM, puede observarse que el control y el producto comercial presentaron un contenido de compuestos fenólicos bajo comparado con las Formulaciones 1 y 2 que contienen en su formulación HFM (Figura 2).



**Figura 2.** Cambios en compuestos fenólicos totales en galleta salada con HFM. Promedio de 3 réplicas  $\pm$  desviación std. Diferentes letras representan diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

Se determinó la capacidad antioxidante mediante la capacidad de secuestro del radical DPPH en extractos de galleta salada. Estos resultados mostraron que los productos formulados presentaron diferencia significativa respecto al producto comercial. Siendo la formulación 2, seguida por la formulación 1, las muestras con mayor capacidad de secuestro del radical DPPH (cercana al 80%), es decir presentaron la mayor capacidad antioxidante. Sin embargo, los productos comunes o existentes en el mercado no tienen la misma capacidad antioxidante como se observa en la galleta comercial, aún el control sin la incorporación de HFM tiene una mayor capacidad antioxidante que el producto comercial pero menor que las formulaciones desarrolladas en esta investigación (Figura 3).



**Figura 3.** Actividad DPPH en galleta salada con HFM. Promedio de 3 réplicas  $\pm$  desviación std. Diferentes letras representan diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

## BIBLIOGRAFÍA

- Ajila, C.M., Leelavathi, K., Rao, U. 2008. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48:319-326.
- Hollman, P. C. H., M. G. L. Hertog, and M. B. Katan. 1996. Role of dietary flavonoids in protection against cancer and coronary heart disease. *Biochemical Society Transactions*. 24(3) 785-789.
- Khanam, Umma Khair Salma, et al. 2012. Phenolic acids, flavonoids and total antioxidant capacity of selected leafy vegetables. *Journal of Functional Foods*, 4(4):979-987.
- Sánchez, G. M.; Re, L.; Giuliani, A.; Nunez-Selles, A. J.; Davison, G. P.; Leon-Fernández, O. S. 2000. Protective effects of *Mangifera indica* L. extract, mangiferin and selected antioxidants against TPA-induced biomolecules oxidation and peritoneal macrophage activation in mice. *Pharmacology Research*, 42:565–573
- Slinkard, Karen, and Vernon L. Singleton. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1):49-55.

Sumaya-Martínez, Ma Teresa, et al. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 30:826-833.