

## Microemulsión de Aceite de Nuez Pecanera para Protección de Ácidos Grasos Omegas en el Desarrollo de un Pan Funcional Bajo en Grasa

J.C. Exena-Cantú<sup>1</sup>, J.G. Báez-Gonzalez\*<sup>1</sup>, N.C Reyes-Vázquez\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Pedro de alba s/n cruz con Av. Manuel L. Barragán. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

<sup>2</sup> Subsele Noreste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Vía de la Innovación 404. Autopista Mty-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT. C.P. 66629. Apodaca, Nuevo León, México.

\* [juan.baezgn@uanl.edu.mx](mailto:juan.baezgn@uanl.edu.mx), [nreyes@ciatej.mx](mailto:nreyes@ciatej.mx)

### RESUMEN

El pan dulce es un producto popular que ofrece calorías, pero no nutrientes, por tal razón, en esta investigación se propone la incorporación de microencapsulados de aceite de nuez alto en omegas en la formulación de pan dulce tipo mantecadas con el objetivo incrementar el aporte de omegas al consumidor y a su vez, disminuir la cantidad de grasa que ofrece el producto al consumidor. Se elaboraron 4 tratamientos y 2 controles correspondientes (CC: Criolla sin encapsular, CGA: Criolla con Goma arábica, CQ: Criolla con GA y quitosano, CM: Control Mejorada sin encapsular, MGA: Mejorada con Goma arábica, CQ: Mejorada con GA y quitosano). Se midió estabilidad de los microencapsulados por separado con parámetros de tamaño de partícula, índice de cremado, observación óptica. Posteriormente se elaboraron las mantecadas y se midió APT, características sensoriales, así como determinación de grasa y humedad, y estadística. Se observó en formulaciones, que pueden lograr reducir el porcentaje de grasa total hasta en un 33.3% sin afectar las características sensoriales y textura, y para el caso del APT solo se observó disminución de la dureza en el tratamiento de GA de ambos aceites con respecto al resto de los tratamientos incluyendo el control.

**Palabras clave:** alimentos funcionales, encapsulación, nuez pecanera.

### ABSTRACT

Sweet bread is a popular product that offers calories, but not nutrients, for this reason, this research proposes the incorporation of walnut oil microencapsulates high in omegas in the formulation of bread type shortbreads with the aim of increasing the supply of omegas to the consumer and in turn, decrease the amount of fat that the product offers to the consumer. Four treatments and two controls were made corresponding (CC: Creole without encapsulation, CGA: Creole with Gum Arabic, CQ: Creole with GA and chitosan, CM: Improved Control without encapsulation, MGA: Improved with Gum Arabic, CQ: Improved with GA and chitosan). Stability of the microencapsulates was measured separately with parameters of particle size, index of cremated, optical observation. Later, the shortbreads were made and analyzed APT, sensory characteristics, as well as fat and moisture determination and statistics. It was observed in formulations that can reduce the percentage of total fat by up to 33.3% without affecting the sensory characteristics and texture, and in the case of APT, only a decrease in hardness was observed in the GA treatment of both oils with respect to the rest of the treatments including the control.

**Keywords:** functional foods, encapsulation, nuts pecan.

**Área:** Alimentos funcionales

## INTRODUCCIÓN

El nogal pecanera (*Carya Illinoensis*) es un árbol nativo del norte de América. Se encuentra distribuido en forma silvestre a lo largo de la mayoría de los arroyos y cauces de los ríos del sur de Estados Unidos de América (EUA) y norte de México (Brisson, 1976, Herrera, 2000). En México, las plantaciones comerciales del nogal se distribuyen principalmente en el noreste, extendiéndose hacia el centro y sur del país (Stewart y Corning, 1970), siendo los principales estados productores de nuez: Chihuahua, Durango, Coahuila, Hidalgo y Nuevo León (Hidalgo, 2005). Una de las principales variedades nativas que abundan en Nuevo León son la Bustamante 1 la cual es una selección criolla, de cáscara no muy gruesa con 70 nueces por kg, con 56 a 60 % de almendra de muy buen sabor. Madura la primera quincena de octubre. También está la variedad criolla de Rayones que produce nueces algo más pequeñas que la variedad conocida como “Dos puntas” y un rendimiento semejante en almendra (González *et al.*, 2010).

Los fitoquímicos o fitonutrientes son compuestos del reino vegetal con bioactividad benéfica para el organismo humano, como ejemplos están los carotenoides, polifenoles, derivados azufrados, fitoesteroles (Badui, 2013). En el caso de la nuez pecanera, los nutrientes y componentes bioactivos de mayor importancia son los ácidos grasos insaturados, tocoferoles, fitoesteroles y compuestos fenólicos, además de que el gran efecto positivo del consumo de las nueces pecanas se debe principalmente a la sinergia de estos. También se conoce que las nueces pecanas presentan una alta cantidad de compuestos fenólicos con alta actividad antioxidante y antiproliferativa de las células cancerosas (De la Rosa *et al.*, 2014). Los aceites obtenidos de nueces pecanas son ricos en ácidos oleico (49–76,5%) y linoleico (13–40%) y tienen pequeñas cantidades de ácidos grasos saturados (6–17%) (Block y Barrera, 2010; Miraliakbari y Shahidi 2008). Se ha informado que el aceite de nuez de pecana es una de las fuentes más interesantes de compuestos biológicamente activos (Bouali *et al.*, 2014) y contenido considerable de fitoesteroles principalmente como  $\beta$ -sitosterol, y tocoferoles que están presentes principalmente como  $\gamma$ -tocopherol y  $\alpha$ -tocopherol (Block y Barrera 2010). Sin embargo, a pesar de encontrar estos ácidos grasos insaturados de forma muy limitada en los alimentos comúnmente consumidos, también tienden a la rápida degradación debido a su alta inestabilidad química por factores ambientales que causan la oxidación, fotooxidación y otros factores de producción como el horneado, freído, secado, cocción, etc., que causan la degradación por un alto estrés térmico e incluso por procesos de hidrólisis (Chamorro, 2016).

Para evitar su degradación y brindar protección y estabilidad química los ácidos grasos insaturados se han microencapsulado utilizando diferentes técnicas de encapsulación. El aumento del consumo de aceites con altas insaturaciones se puede lograr mediante la fortificación de alimentos básicos como el pan, la leche y el yogur. Sin embargo, la incorporación directa a los alimentos está restringida por su inestabilidad oxidativa y la formación de productos oxidados que llevan a malas características sensoriales, la tecnología de microencapsulación puede prevenir la oxidación parcial e incluso brindar protección frente al estrés térmico de diversos procesos agroindustriales y extiende así la vida útil del producto final en términos de calidad sensorial, inocuidad y nutricional (Chamorro, 2016). Debido a que los productos de panadería se consumen a diario en cantidades relativamente grandes, estos pueden proporcionar un medio conveniente para la disposición de compuestos bioactivos que promueven la salud de los consumidores (Ktenioudaki y Gallagher, 2012).

En el presente trabajo se utilizaron los biopolímeros goma arábica y quitosano (GA-Q) por separado y de manera sinérgica (pared de capa por capa) para la microencapsulación de aceite extra virgen de la nuez pecanera de Rayones, Nuevo León de las variedades “criolla” y “mejorada” para la posterior incorporación de las microcápsulas a una formulación de un producto de panificación en donde se evaluó la prevalencia de los ácidos grasos insaturados, características sensoriales y de textura del producto final.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Se utilizó goma arábica de acacia obtenidos de Jalmek Científica SA de CV (San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México). Quitosano de PROMARIN (Sinaloa, México) Ácido acético glacial de Jalmek Científica SA de CV. El aceite utilizado fue extraído de la nuez pecanera del huerto Los corcovados del municipio de Rayones, Nuevo León, de las variedades Criolla y Mejorada cultivadas en octubre del 2020. El resto de reactivos para pruebas de caracterización como n-hexano y éter etílico fueron obtenidos de Desarrollo de Especialidades Químicas SA de CV (Monterrey, Nuevo León, México) y Sigma-aldrich (St. Louis, Mo, EE UU).

### Extracción de aceite de nuez pecanera

Para la extracción del aceite se utilizó una extractora de prensado en frío eléctrica HouseHold Oil Press, (Guangdong, China).

### Elaboración de emulsión primaria

Se prepararon microemulsiones de GA cargadas con aceite de nuez pecanera extra virgen de acuerdo a los métodos reportados por Elgegren et al. (2019), con algunas modificaciones. Las cantidades fueron respectivamente de agua 60%, aceite 20% y goma arábica 20%.

### Elaboración de microcápsulas

Se prepararon microemulsiones de GA-Q cargadas con aceite de nuez pecanera extra virgen de acuerdo a los métodos reportados por Elgegren et al. (2019), con algunas modificaciones.

### Medición de tamaño de partícula y observación óptica

El tamaño de partícula de las emulsiones se midió por difracción láser (Mastersizer 3000, Malvern Instruments Ltd). Los resultados se dieron como el diámetro medio ponderado en área superficial D [3,2]. Las mediciones se realizaron por quintuplicado por 20 días cada 5 días. Durante este periodo las emulsiones fueron conservadas a 4°C. Las micrografías fueron tomadas con un microscopio Leica ICC50 con ayuda del programa Leica Application Suite LAS EZ, versión 2.0.0 (Leica microsystems, Wetzlar, Alemania).

### Estabilidad de la emulsión (separación de fases)

Se determinó por la medición de la altura de la capa opaca (X1) y la altura total(X2). Al terminar los días de almacenamiento, el índice de cremado se calculó con la ecuación:

$$\text{Índice de cremado} = 100 * (X1/X2)$$

### Elaboración del producto de panificación

El producto de panificación seleccionado fue el pan tipo mantecada y se usó una formulación base en donde solo se varió la sustitución parcial de aceite base con el aceite extra virgen de nuez pecanera microencapsulado. En cada tratamiento se utilizó harina de trigo 250g, 6 huevos, 250g de azúcar, 12g de polvo para hornear, 150mL de leche, 10 mL de esencia de vainilla, 0.5g de sal, 200g y 150g de aceite vegetal para hacer las mantecadas control y tratamientos respectivamente y 50g de aceite de nuez pecanera sin encapsular para los controles, el resto de la masa de las mantecadas fueron las emulsiones cuyas proporciones se explican en el cuadro 4:

<b>Tabla I.</b> Fracciones sustituidas por aceite de nuez pecanera extra virgen en los panes				
Tratamientos	Aceite vegetal (g)	Microcápsulas agregada (250g)		Lípidos totales en el pan (g)
		Aceite de nuez (g)	Goma arábica (g)	
Mantecadas con microcápsulas GA	150	50	50	200
Mantecadas con microcápsulas GA-Q	150	25	25	175
Mantecadas (control)	200	50 (s/enc)	–	250

### Determinación de grasa (Extracción Soxhlet)

Se usaron 5g para la extracción de grasa y el soxhlet se llevó por 8 horas/ a 40°C utilizando como solvente éter etílico. El extracto etéreo resultante se sometió a un proceso de evaporación rotativa con un IKA-RV10 Basic V (USA) por 1 hora. Los resultados fueron obtenidos por diferencia de peso.

### Determinación de humedad

La determinación fue realizada según lo mencionado en la NOM-116-SSA1 (1994). Las condiciones de calentamiento a 100°C/4 h y se obtuvo el resultado por diferencia de peso.

### Medición de textura

Para la caracterización de textura se utilizó un texturómetro (Brookfield, CT3 texture analyzer, EE UU) y se seleccionó la prueba programada en el equipo de APT (análisis de perfil de textura) para obtener datos de los parámetros de fracturabilidad, dureza, gomosidad, cohesividad, elasticidad, adhesividad y masticabilidad.

### Análisis sensorial

Para la caracterización sensorial se realizaron las pruebas de aceptación, preferencia y nivel de agrado. Las muestras fueron codificadas por números de tres dígitos al azar y se compararon con los blancos elaborados. Las muestras fueron catadas por 25 jueces consumidores habituales de productos de panificación dulce en donde se controló la luz, temperatura y distancia entre los mismos.

### Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA para los tratamientos y posteriormente CMM de tukey. Los cálculos estadísticos fueron realizados utilizando el programa computacional Minitab 17.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos de aceite y pasta agotada de la variedad mejorada fueron de 56.7 y 34.1 % respectivamente. Cabe destacar, que el rendimiento de la extracción de la nuez de Rayones variedad criolla fue ligeramente superior al 59% respecto al que presentó la variedad mejorada con aproximadamente 57%, bajo las mismas condiciones de temperatura de 55°C (temperatura de salida del aceite). En comparación con el estudio realizado por Scapinella (2017). Se puede aseverar que se obtuvo un rendimiento elevado, especialmente con la variedad criolla, al destacar que dicho autor reporta un rendimiento de 58% con la técnica de prensado en frío.

### **Obtención de microcápsulas y su tamaño de partícula**

Se obtuvieron partículas de 1µm que se mantuvieron durante el almacenamiento de 20 días como se observa en la **Figura 1** lo que nos indica el gran potencial de estabilidad que pueden presentar, sin embargo, este tamaño de partícula puede reducirse aún más hasta lograr nanopartículas si utilizamos tecnologías alternas para la homogenización de las emulsiones tal y como reporta Elgegren (2019) donde las partículas desarrolladas en este estudio se obtienen con un proceso similar al del presente estudio, sin embargo, al asistir con un proceso de ultrasonido le permite llegar a tamaños desde 300 a 500 nm, casi la mitad del tamaño de las de este estudio.

### **Estabilidad física de las microcápsulas**

En cuanto a la estabilidad de los encapsulados si se detectó una diferencia, para ambas emulsiones de GA no se presentó índice de cremado durante los 20 días, no obstante, para las emulsiones GA-Q si se logró percibir una diferencia significativa al presentar cremado con casi 40%, sin embargo, fue comprobado que la desestabilidad física no afectó en ningún momento su tamaño de partícula, esto puede ser explicado por las fuertes interacciones químicas que presentan las cargas de la goma arábiga junto con las cargas positivas que presenta el quitosano.

### **Observación óptica de las microcápsulas**

Elaboración de los productos de panificación

Se observa en la **Figura 2** el corte longitudinal de las mantecadas elaboradas en todos sus tratamientos, logrando notar diferencias entre sí, que serán discutidas junto con los resultados del análisis de perfil de textura.

### **Determinación de reducción de grasa en mantecadas y características físicas**

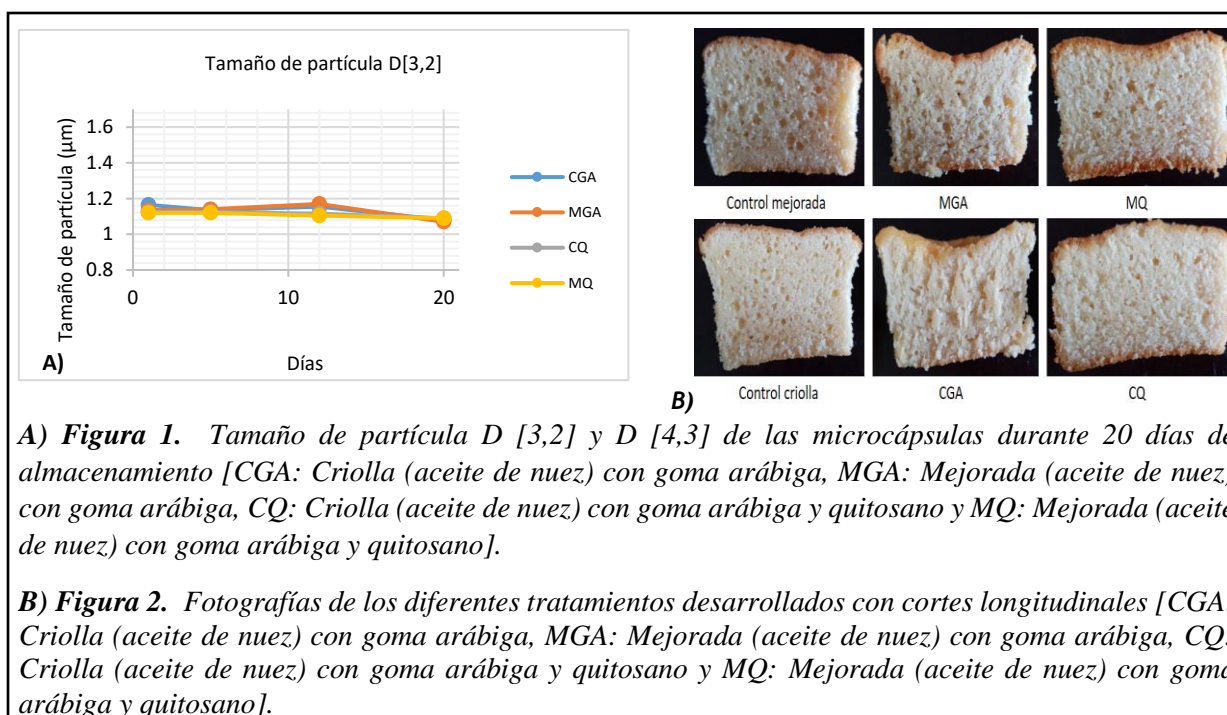
Las pruebas de determinación de grasa nos indican una reducción de hasta el 33.3% de lípidos totales en el caso del tratamiento MQ (aceite de nuez Rayones mejorada con goma arábiga más quitosano) respecto al control, lo que nos indica que la metodología desarrollada puede reducir el aporte graso del producto en cuestión.

### **Análisis de perfil de textura de las mantecadas funcionales**

Se observó una menor dureza en los tratamientos con GA en ambas variaciones de aceite al igual que una notable disminución en el parámetro de la masticabilidad, esto se debe a la influencia en la textura de las propiedades del encapsulante (goma arábiga) en la formulación de las mantecadas (Feng, 2020). En el caso del parámetro de la elasticidad no se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) conforme a los tratamientos contra sus controles.

### **Análisis sensorial de las mantecadas funcionales**

A pesar de encontrar diferencias visuales en los cortes longitudinales y en el análisis de perfil de textura, en la prueba sensorial no fue detectada una diferencia significativa ni en la prueba de preferencia ni en la prueba de nivel de agrado. Para el caso de la prueba de aceptación las mantecadas con microencapsulados de aceite de nuez pecanera variedad mejorada obtuvieron una aceptabilidad del 92% siendo similar a las mantecadas con GA y con GA-Q y su control.



**A) Figura 1.** Tamaño de partícula D [3,2] y D [4,3] de las microcápsulas durante 20 días de almacenamiento [CGA: Criolla (aceite de nuez) con goma arábica, MGA: Mejorada (aceite de nuez) con goma arábica, CQ: Criolla (aceite de nuez) con goma arábica y quitosano y MQ: Mejorada (aceite de nuez) con goma arábica y quitosano].

**B) Figura 2.** Fotografías de los diferentes tratamientos desarrollados con cortes longitudinales [CGA: Criolla (aceite de nuez) con goma arábica, MGA: Mejorada (aceite de nuez) con goma arábica, CQ: Criolla (aceite de nuez) con goma arábica y quitosano y MQ: Mejorada (aceite de nuez) con goma arábica y quitosano].

**Tabla II.** Determinación de la reducción de grasa en las mantecadas y características físicas.

Muestras	Peso de la masa (g)	Peso del pan (g)	Pérdida por cocción (%)	Dimensiones		Grasa (%)	Humedad (%)
				Altura (cm)	Diámetro (cm)		
CM	1,206.9	1,046.1	13.32	3.45	6.15	29.314 <sup>a</sup>	19.378 <sup>d</sup>
CC	1,222.1	1,038.4	15.03	3.15	6.05	30.242 <sup>a</sup>	20.489 <sup>cd</sup>
CGA	1,207.1	1,056.2	12.50	3.5	6.45	22.941 <sup>b</sup>	23.147 <sup>ab</sup>
MGA	1,218.4	1,037	14.90	3.5	6.05	22.734 <sup>b</sup>	20.967 <sup>cd</sup>
MQ	1,217.5	1,004.8	17.47	3.1	6.15	19.741 <sup>c</sup>	21.625 <sup>bc</sup>
CQ	1,236.6	1,236.6	21.33	2.8	5.85	20.274 <sup>c</sup>	23.519 <sup>a</sup>

**Tabla III.** Perfil de textura de los panes con microcápsulas de aceite de nuez de Rayones criolla y mejorada (CGA: goma arábica, CQ: goma arábica más quitosano, MGA: goma arábica y MQ: goma arábica más quitosano).

Parámetros	CC	CM	CGA	MGA	CQ	MQ
Dureza (N)	11.54 <sup>ab</sup>	13.09 <sup>a</sup>	6.10 <sup>c</sup>	5.05 <sup>c</sup>	10.43 <sup>b</sup>	10.19 <sup>b</sup>
Adhesividad (mJ)	0.50 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>
Fracturabilidad (N)	11.54 <sup>ab</sup>	13.09 <sup>a</sup>	6.10 <sup>c</sup>	5.05 <sup>c</sup>	10.43 <sup>b</sup>	10.19 <sup>b</sup>
Cohesividad (adimensional)	0.64 <sup>a</sup>	0.635 <sup>a</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.445 <sup>b</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.50 <sup>b</sup>
Elasticidad (mm)	8.35 <sup>a</sup>	8.49 <sup>a</sup>	7.74 <sup>ab</sup>	7.735 <sup>ab</sup>	7.035 <sup>b</sup>	7.78 <sup>ab</sup>
Gomosidad (N)	7.39 <sup>ab</sup>	8.3 <sup>a</sup>	2.96 <sup>d</sup>	2.25 <sup>d</sup>	6.495 <sup>b</sup>	5.075 <sup>c</sup>
Masticabilidad (mJ)	61.75 <sup>a</sup>	70.55 <sup>a</sup>	22.95 <sup>c</sup>	17.40 <sup>c</sup>	45.7 <sup>b</sup>	39.5 <sup>b</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

- Elgegren, M. 2019. Encapsulación asistida por ultrasonido de aceite de Sacha Inchi. *Polímeros*, 11 (8), 1245. <https://doi.org/10.3390/polym11081245>
- Feng, X. 2020. Emulsión de pickering estabilizada con nanopartículas de zeína enriquecida con aceite de canela y sus efectos en bizcochos. *LWT*, 109025. doi: 10.1016 / j.lwt.2020.109025
- Badui Dergal, S. 2013. *Química de los Alimentos*, 5ta Edición. México: PEARSON. ISBN: 978-607-32-1508-4.