

# Estudio fisicoquímico y funcional de emulsificantes alimenticios para repostería

Felipe Castañeda Olivares; Julio César Lemus Hernández; Hada Concepción Oaxaca Jiménez; Raquel Arciga Pedraza

Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Querétaro, México

Correspondencia: [fcastanedao@utsjr.edu.mx](mailto:fcastanedao@utsjr.edu.mx)

## Resumen

El objetivo del presente trabajo es establecer las diferencias fisicoquímicas y funcionales de tres emulsificantes recomendados para panificación y, de esta forma, comprobar si existen diferencias significativas en el uso indistinto de cada uno de ellos. Los análisis fisicoquímicos se realizaron de acuerdo a las NOM y el estudio de pruebas organolépticas conforme a la literatura disponible. La importancia del trabajo estriba en el desarrollo de nuevos productos y en la interacción entre los ingredientes. Los emulsificantes son parte de una formulación mejorada, sin embargo, debe de quedar claro que existen diferencias importantes entre ellos, por lo cual lo más recomendable es hacer las pruebas pertinentes en la matriz de ingredientes específica para cada caso en particular.

**Palabras clave:** análisis organoléptico, masas fermentadas, mono y diglicéridos

## Abstract

The main purpose of this paper is to establish the physicochemical and functional differences of three emulsifiers recommended for baking and thus check if there are significant differences in the indistinct use of each of them. The physicochemical analyzes were carried out according to the NOM and the study of organoleptic tests according to the available literature. The importance of the work lies in the importance in the development of new products and the interaction between the ingredients. Emulsifiers are part of an improved formulation, but it must be made clear that there are important differences between them, so it is best to do the relevant tests on the specific ingredient matrix for each particular case.

**Keywords:** mono and diglycerides, sourdoughs, organoleptic analysis

## Introducción

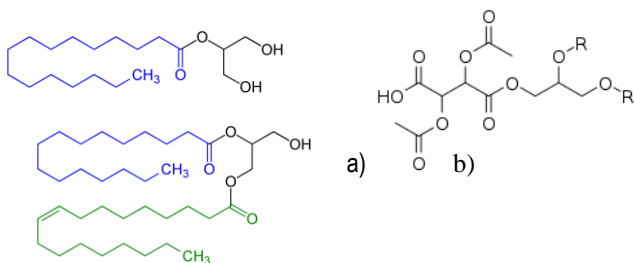
Los aditivos alimentarios denominados emulsificantes tienen una función relevante en la fabricación de productos alimenticios tales como los productos de panadería. Existen muchos tipos de emulsificantes, los cuales son recomendados para los mismos usos. Su composición química puede variar poco; sin embargo, la materia prima con la que están hechos es diferente y eso produce emulsificantes variados. Lo que se pretende verificar con esta investigación son los resultados en sus aplicaciones en productos de panadería: si son similares o si hay diferencias significativas en la firmeza, textura, volumen, etc.

## Marco Teórico

### Refuerzo de masas

Algunos emulsionantes se utilizan para mejorar la viscosidad-elasticidad del gluten de trigo en masas fermentadas con levadura, lo cual se debe a sus capacidades de interactuar con películas de proteínas de gluten. Esto da como resultado una mejor tolerancia de la masa, una textura de maga más fina y un volumen más grande de las mercancías horneadas. Los emulsificantes iónicos (como los esteres del ácido diacetiltartárico de monoglicéridos [DATEM] y el estearoil lactilato de sodio o calcio) son especialmente apropiados para reforzar la red de gluten en una masa de trigo pues hacen posible que el gluten retenga el dióxido de carbono producido por la levadura (Garzón *et al.*, 2018).

Cada uno de los emulsificantes usados cumplen su característica química al tener una estructura con una sección lipofílica y otra hidrofílica. En la Figura 1 se muestran dichas estructuras.



c) **Figura 1.** Estructura de los emulsificantes usados. Figura 1.a. Monoglicéridos de ésteres de ácido acético. Figura 1.b. Diglicéridos de ácido diacetil tartárico. Figura 1.c. Diglicérido éster de poliglicerol. Fuente: elaboración propia.

La producción industrial de este tipo de emulsificantes se logra principalmente mediante una reacción de glicerólisis entre triglicéridos (grasas / aceites) y glicerol. Las materias primas para esto pueden ser grasas y aceites vegetales o animales, lo cual establece su diferencia química (Loi *et al.*, 2019).

Los emulsificantes se pueden agregar a diversos tipos de masas, sin embargo, en este caso usaremos masas fermentadas, aquellas en las cuales se emplea levadura y necesitan un proceso de fermentación antes de su cocción (Acosta *et al.*, 2013). Estas masas se caracterizan por tener una gran elasticidad (cuerpo) y una textura esponjosa. Su preparación es larga debido a la utilización de fermentos que se agregan a la masa base, por el formado (de piezas) y por la fermentación posterior.

## Metodología

Las pruebas de emulsificantes recomendados para panificación incluyeron monoglicéridos de ésteres de ácido acético, ésteres de poliglicerol y ésteres de mono y diglicéridos de ácido diacetil tartárico (DATEM).

Las pruebas fisicoquímicas se realizaron de acuerdo a las NMX para cada una de las técnicas de grado de acetilación, valor de yodo, índice de acidez, valor de saponificación, punto de fusión y ácidos grasos libres.

Para seleccionar la formulación adecuada se investigaron varias recetas previamente. Se seleccionó la que cumplía las necesidades de una formulación base, las cuales son: simplicidad de fórmula, ingredientes accesibles, facilidad de proceso y factibilidad de reproducibilidad a nivel industrial.

## Materia prima

Para la elaboración del pan se utilizó harina de trigo (26 %), azúcar impalpable (21 %), levadura (2 %), huevos (22 %), mantequilla (18 %) y leche (11 %).

## Formulación del producto

Se elaboraron muestras de 24 piezas de pan tipo *cupcake* para evaluar la eficiencia de los diferentes emulsificantes a distintas dosis (1 %, 1.5 % y 2 %).

**Panificación:** Se elaboraron las muestras siguiendo los pasos esenciales que se siguen en la fabricación de pan tipo *cupcake* por método de masa directa, el cual consiste en el pesado de los ingredientes y el posterior mezclado en condiciones estandarizadas. Luego, la mezcla se distribuyó en moldes circulares para pan. El pan permaneció en el horno 20 minutos a una temperatura de 180 °C (hasta que la masa estuvo dorada y cocida). Al salir del horno, el pan se sacó de los moldes y se dejó enfriar.

## Evaluación sensorial

Las formulaciones se evaluaron con un panel de 24 personas de ambos sexos con un rango de edad entre 18 y 25 años. Las muestras (A), (B), (C) y (D) se presentaron en recipientes idénticos codificados con números aleatorios de tres dígitos, en cuatro posibles órdenes de presentación: A, B, C o D. Las muestras se presentaron en ambos órdenes el mismo número de veces (Ordoñez & Oviedo, 2010).

El pan tipo *cupcake* preferido, según la prueba de preferencia realizada, se evaluó por medio de una prueba de escala hedónica en la cual se le pidió al panelista que evaluara la aceptabilidad del pan seleccionado. Se le pidió al panel que, luego de su primera impresión, respondiera cuánto le gustó o disgustó el producto de acuerdo a la escala verbal-numérica presentada en la boleta de evaluación. Para esta prueba se utilizó una escala hedónica de tres puntos (ver Tabla 1). Cada panelista recibió una muestra codificada del producto, junto con la hoja de respuestas. Como se puede observar en la Tabla 1 se

consideraron los términos primarios, secundarios y del consumidor en las características y atributos propios de un producto de panificación (Espinosa, 2020).

Tabla 1. Parámetros de evaluación y escala Hedónica

Término primario	Término secundario	Término del consumidor
Características mecánicas		
<b>Adhesividad</b>	Fuerza requerida para quitar la muestra del paladar con la lengua durante la ingesta.	1. Baja
		2. Media
		3. Alta
<b>Cohesividad</b>	Capacidad de la miga de mantenerse unida tras la mordida.	1. Alto
		2. Medio
		3. Bajo
<b>Chiclosidad</b>	Que tiene la consistencia parecida a la goma de mascar.	1. Baja
		2. Media
		3. Alta
<b>Resequedad</b>	Sensación de resequedad en el cuerpo del producto al momento de la degustación.	1. Seco
		2. Normal
		3. Húmedo
<b>Contenido de grasa</b>	Sensación de grasa al momento de la degustación.	1. No se percibe
		2. Normal
		3. Grasoso
<b>Sabor</b>	Impresión que causa el alimento.	1. Suave
		2. Moderado
		3. Fuerte
Textura al tacto		
<b>Elasticidad</b>	Capacidad de recuperación de la forma original tras eliminar la presión ejercida por el dedo.	1. Alta
		2. Media
		3. Baja
<b>Compacidad</b>	Resistencia a la presión ejercida sobre la miga con el dedo.	1. Alta
		2. Media
		3. Baja
<b>Dureza</b>	Resistencia a la deformación. Cambio de forma al aplicar presión.	1. Poca
		2. Media
		3. Alta
<b>Textura de la miga</b>	Es la parte blanda y esponjosa interior del pan.	1. Suave
		2. Firme

		3. Dura
<b>Alveolos</b>	Agujeros que se encuentran en la miga del pan.	1. Pocos 2. Algunos 3. Bastantes
<b>Características geométricas</b>		
<b>Tamaño y forma (de la corteza).</b>	Descripción geométrica de la parte del espacio ocupado por el objeto.	1. Homogénea 2. Heterogénea 3. Deforme
<b>Atributos de color</b>		
<b>Color de la miga</b>	Color que presenta después de ser horneado.	1. Blanca 2. Crema 3. Marrón
<b>Color de la corteza</b>		1. Dorado claro 2. Dorado medio 3. Dorado oscuro

**Análisis Estadístico:** El experimento fue conducido con cuatro repeticiones utilizando el programa Excel (2019) con aplicación de análisis de varianza de una variable.

**Análisis de varianza.**

Valor de saponificación	402
Índice de acidez	68
Índice de yodo	1
	Max. 2
Punto de Fusión	50 °C
Forma	Polvo

Para la construcción del análisis de un factor, se realizó la sumatoria de atributos entre muestras y en consideración de sus repeticiones.

**Mínima Diferencia Significativa (LSD) como método de comparación de diferencia de medias**

Se rechaza la hipótesis  $H_0: \mu_i = \mu_j$  que:

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > t_{\alpha/2, N-1} \sqrt{CME \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} = LSD$$

Donde el valor de  $t_{\alpha/2, N-1}$  se lee a partir de las tablas de la distribución T de Student con  $N - 1$  grados de libertad, los cuales corresponden al error. El  $CM_E$  es el cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla ANOVA y  $n_i, n_j$  son el número de observaciones para los tratamientos  $i$  y  $j$ , respectivamente. La cantidad de LSD, llamada diferencia mínima significativa, es la diferencia mínima que debe existir entre dos medidas muestrales para considerar que los tratamientos correspondientes son significativamente diferentes.

**Resultados**

Los resultados fisicoquímicos para las muestras de emulsificantes fueron los siguientes que podemos observar en la Tabla 2 fisicoquímicos de los monoglicéridos de ésteres de ácido acético, Tabla 3d DATAEM y Tabla 4 para Éster de poliglicerol:

Tabla 2. Monoglicéridos de ésteres de ácido acético

Grado de acetilación	0.5
Valor de yodo	1 Máx. 2
Índice de acidez	0.5 Máx. 2
Valor de saponificación	285
Punto de fusión	41° C
Forma	Pasta

Tabla 3. DATEM

Tabla 4. Ésteres de Poliglicerol

Índice de yodo	80
Valor de saponificación	150
Ácidos grasos Libres	0.6 Max. 2 %
Punto de Fusión	40 °C

Forma	Pasta
-------	-------

Los resultados del análisis organoléptico son reportados para los tres niveles de dosificación de los tres emulsificantes. Respecto a la comparación con el testigo, todas las muestras tienen diferencia significativa, es decir, todas las muestras con emulsificantes provocan cambios notorios en los *cupcakes* en comparación al no usar emulsificantes, lo cual se puede observar en la tabla 5 con los cálculos de varianza de los resultados organolépticos.

Tabla 5. Cálculo de varianza de un factor prueba 1 %:

Grupos	Su ma	Prome dio	Varianza
1. Monoglicéridos de ésteres de ácido acético	103 9	74.214 286	214.889 011
2. Éster de poliglicerol	936 .3	66.878 571	170.346 4286
3. DATEM	990 .2	70.728 571	126.799 1209

### Aplicación de la prueba LSD (diferencia mínima significativa):

La prueba LSD nos muestra las diferencias poblacionales que hay entre las medias de tratamiento, para su cálculo se usan las siguientes ecuaciones y los resultados están presentes en las tablas 6, 7, 8, 9 y 10:

#### Cálculo del LSD:

$$LSD = t_{\alpha/2, N-1} \sqrt{2MCE/n}$$

$$LSD = t_{\alpha/2, N-1} \cdot 2.0226 \sqrt{2 * 170.67/4}$$

=18.68

Tabla 6. Comparación LSD 1 %

DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA POBLACIONAL EN VALOR ABSOLUTO	DECISIÓN
1-2	102.7	SIGNIFICATIVO
1-3	48.8	SIGNIFICATIVO
2-3	53.9	SIGNIFICATIVO

Tabla 7. Cálculo de varianza de un factor prueba 1.5 %:

Grupos	Su ma	Prome dio	Varianza
1. Monoglicéridos de ésteres de ácido acético	986 .2	70.442 857	102.41 495
2. Éster de poliglicerol	968 .2	69.157 143	147.23 033
3. DATEM	957	68.357 143	124.38 879

#### Cálculo del LSD:

$$LSD = 17.58$$

Tabla 8. Comparación LSD 1.5 %

DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA POBLACIONAL EN VALOR ABSOLUTO	DECISIÓN
1-2	18.0	SIGNIFICATIVO
1-3	29.2	SIGNIFICATIVO
2-3	11.2	NO SIGNIFICATIVO

Tabla 9. Cálculo de varianza de un factor prueba 2 %:

Grupos	Su ma	Prome dio	Varianza
1. Monoglicéridos de ésteres de ácido acético	955 .6	68.257 143	150.10 879
2. Éster de poliglicerol	980 .7	70.05 577	133.24 577
3. DATEM	977 .6	69.828 571	183.88 066

#### Cálculo del LSD:

$$LSD = 17.84$$

Tabla 10. Comparación LSD 2 %

DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA POBLACIONAL EN VALOR ABSOLUTO	DECISIÓN
1-2	25.1	SIGNIFICATIVO
1-3	22.0	SIGNIFICATIVO
2-3	3.1	NO SIGNIFICATIVO

## Discusión y conclusiones

Los análisis fisicoquímicos se llevaron a cabo para comprobar las especificaciones del proveedor y comprobar el material con el cual se trabajó. Las diferencias establecidas y comprobadas son inherentes a los productos solicitados debido a las materias primas con las cuales son elaborados.

Por otro lado, al comparar los análisis estadísticos entre emulsificantes empleados para la panificación de *cupcakes*, se demuestra que existen algunas diferencias significativas. Al comparar entre dosificaciones, el constituido de monoglicéridos de ésteres de ácido acético (hecho de aceite comestible totalmente hidrogenado de palma) junto con el KOSHER de ésteres de poliglicerol (hecho de aceite refinado de soya o palma) con di, tri, y tetra glicerol, con antioxidantes BHA y ácido cítrico presentaron un mayor (aunque no necesariamente mejor) resultado en la evaluación y con diferencia significativa respecto al testigo y al DATEM a una dosificación de 1 %. Asimismo, el DATEM no presenta diferencia significativa con el testigo.

Para las dosificaciones de 1.5 % y 2 % de emulsificantes los resultados son similares. Existe diferencia significativa de los monoglicéridos de ésteres del ácido acético y los ésteres de poliglicerol con respecto al DATEM, en donde resultan mejor evaluados los dos primeros.

Los cambios de concentración de emulsificantes no repercutieron en cambios significativos, excepto para los monoglicéridos de ésteres de ácido acético entre las concentraciones de 1 % y 2 % con respecto a los demás emulsificantes a las concentraciones de 1.5 % y 2 %. Todas las demás combinaciones no presentan cambios significativos. Es decir, no se observa cambios al aumentar la concentración de los emulsificantes.

Las diferencias fisicoquímicas entre emulsificantes pueden repercutir en la evaluación del producto final, como se ha podido observar. No obstante, aun las que establecen diferencias significativas entre ellas no aseguran la aceptación del producto, ya que los parámetros evaluados fueron respecto a la funcionalidad de los emulsificantes y no

a la aceptación del producto. Ese tipo de análisis es recomendable realizarlos una vez que se desarrolla un nuevo producto y se han encontrado características deseables para su producción.

Si el fabricante de productos de panificación tuviera que escoger un emulsificante entre varios posibles, sería recomendable empezar con los monoglicéridos de ésteres de ácido acético, aunque sabemos que la matriz de formulaciones influye al final.

## Agradecimientos

Agradezco de forma muy especial a la empresa DuPont Nutrition & Health. Danisco México, S.A. de C.V., quienes amablemente colaboraron con este trabajo de investigación y proporcionaron las muestras necesarias.

## Referencias

- Acosta Granda, V. de los Á. (2013). *Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional (triticum Vulgare), con adición de gluten vital* (Tesis de Licenciatura). Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6578>
- Espinosa Manfugás, J. (2020). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Cuba: Editorial Universitaria, pp. 126.
- Garzón, R., Hernando, I., Llorca, E., Rosell, C. M. (2018). Understanding the effect of emulsifiers on bread aeration during breadmaking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(14), pp. 5494-5502.
- Loi C., Eyres C., Graham T. (2019). Effect of mono- and diglycerides on physical properties and stability of a protein-stabilised oil-in-water emulsion. *Journal of Food Engineering*. 240. pp. 56-64. DOI: [doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.016](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.016).
- NMX-F-101-SCFI-2006 Alimentos-Aceites y grasas vegetales o animales – Determinación de ácidos grasos libres - Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de febrero de 2006.
- NMX-F-152-SCFI-2005 Alimentos para humanos - Aceites y grasas vegetales o animales - Determinación del Índice de Yodo por el método de Ciclohexanoácido acético - Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de abril del 2005
- NMX-F-174-SCFI-2006 Alimentos para humanos - Aceites y grasas vegetales o animales – Determinación del Índice de Saponificación - Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de Julio del 2006.
- Norma Oficial Mexicana NUM-F-114-S-1981, alimentos para humanos - grasas vegetales o animales - determinación del punto de fusión por el método de Wiley,