

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CARACTERIZACIÓN DE MAGDALENAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA GRASA POR SEMILLAS DE CHÍA (*Salvia hispanica L.*)

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E
INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

Alumno:
Alejandro Navarro Cabo

Tutora académica:
María Dolores Ortolá Ortolá

Cotutora:
María Luisa Castelló Gómez

Directora experimental:
Eva Ripoll Seguer

Curso Académico: 2015-2016

VALENCIA, 14 DE SEPTIEMBRE DE 2016

CARACTERIZACIÓN DE MAGDALENAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA GRASA POR SEMILLAS DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.)

A. Navarro, E. Ripoll¹, M.D. Ortolá¹, M.L. Castelló.¹

RESUMEN

En los últimos años los índices de sobrepeso de la población han aumentado y, en consecuencia, muchas enfermedades relacionadas con ellos. Debido a esto, la demanda de productos bajos en calorías ha aumentado constituyendo un reto para la industria agroalimentaria, especialmente para los productos de panadería con un alto contenido en grasa. La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta anual de la familia *Lamiaceae* cuyas semillas, en tiempos pre-colombianos, fueron uno de los alimentos básicos de las civilizaciones de América Central. En este estudio, se evaluó la incorporación de semillas de chía como sustitutivo parcial de la grasa en magdalenas (0, 5 y 10%) con el fin de mejorar su valor nutricional. Además, se evaluó el efecto del tiempo de reposo de la masa (0, 6 y 12h) sobre las características tecnológicas de las magdalenas. Los resultados obtenidos indicaron que la incorporación de chía redujo la altura de las magdalenas pero evitó la pérdida de masa durante el horneado. Además, desde el punto de vista sensorial no se encontraron diferencias significativas con respecto al producto tradicional lo que garantiza su aceptación en el mercado. Un tiempo de reposo de la masa de 6 horas parece mejorar las propiedades mecánicas de las magdalenas sin modificar el resto de propiedades.

Palabras clave: chía, tiempo de reposo, magdalena, textura, color, sensorial

RESUM

En els últims anys les taxes de població amb sobrepès han augmentat i, com a resultat, moltes malalties relacionades amb aquestes. A causa d' açò, la demanda de productes baixos en calories ha augmentat constituint un repte per a la indústria alimentària, especialment per als productes de panaderia amb un alt contingut en greixos. La chía (*Salvia hispanica* L.) és una planta anual de la família *Lamiaceae* les semilles de la qual, en temps pre-colombins, foren un dels aliments bàsics de les civilitzacions d' Amèrica Central. En aquest estudi, es va avaluar la incorporació de semilles de chía com a substitut parcial del greix en magdalenes (0, 5 i 10%) amb la finalitat de millorar el seu valor nutricional. També, es va avaluar l'efecte del temps

¹ Instituto de Ingeniería de los Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera, s/n, 46022 Valencia.

de repòs de la massa (0, 6 i 12h) sobre les característiques tecnològiques de les magdalenes. Els resultats obtinguts indicaren que la incorporació de chía va reduir l'altura de les magdalenes però va evitar la pèrdua de masa durant la cocció. A més, des del punt de vista sensorial no es varen encontrar diferències significatives respecte del producte tradicional assegurant la seua acceptació en el mercat. Un temps de repòs de la massa de 6 hores pareix millorar les propietats mecàniques de les magdalenes sense modificar la resta de propietats.

Paraules clau: chía, temps de repòs, magdalena, textura, color, sensorial

ABSTRACT

In the last years, the rates of overweight of the population have increased and, accordingly, many diseases related with them. Because of this, the demand for low-calorie products has increased constituting a challenge for the food industry, especially for bakery products with a high fat content. Chia (*Salvia hispanica* L.) is an annual plant of the family *Lamiaceae* which seeds, in pre-columbian times, were one of the basic foods of the civilizations of Central America. In this study, the incorporation of chia seeds was evaluated as partial substitute of fat in muffins (0, 5 and 10%) in order to improve their nutritional value. Moreover, the effect of the resting time of the batter (0, 6 y 12h) were evaluated on the technological properties of muffins. The results obtained indicated that the incorporation of chia seeds reduced the height of the muffins but avoided the mass loss during the baking. In addition, from the sensory point of view was no significant differences respect to the traditional product which ensures its acceptance in the market. Resting time of the batter of 6 hours seems to improve the mechanical properties of the muffins without modify the rest of properties.

Keywords: chia, resting time, muffin, texture, color, sensorial

1. INTRODUCCIÓN

Las magdalenas son productos horneados dulces, con un elevado contenido en calorías, muy apreciados por los consumidores por su sabor y textura. El contenido en grasa es el responsable de proporcionar una estructura suave, que evita una sensación de sequedad en boca, mejorando la ternura, humedad y textura en los productos horneados. Además, las grasas pueden ayudar a distribuir el gas durante el proceso de mezcla (Brooker, 1996) y los pequeños cristales de grasa ayudan a la estabilidad del gas (Brooker, 1993).

Actualmente, la reducción de grasas en los alimentos es una de las mayores preocupaciones de la industria agroalimentaria debido al aumento de la demanda de productos bajos en grasas. Esto se relaciona con el aumento de la población con sobrepeso y obesidad, representando en 2008 más de 1400 millones de adultos (OMS, 2014). Debido a esto, la sustitución de la grasa por otros ingredientes es un gran desafío para el sector alimentario, especialmente para productos de panadería con niveles elevados de grasa, reemplazándola por otro producto de menor energía (sustitutivos de grasa).

A lo largo del tiempo se han utilizado diferentes ingredientes para reemplazar la grasa en los alimentos. La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta anual de la familia *Lamiaceae* cuyas semillas, en tiempos precolombianos, fueron uno de los alimentos básicos de las civilizaciones de América Central. Las semillas de chía están compuestas por proteínas (20-22%), lípidos (30-35%), ceniza (4-5%) y carbohidratos (25-41%) y tienen un alto contenido en fibra (18-30%) (Svec et al., 2016).

Las semillas de chía pueden contener hasta un 68% de omega-3 alfa-linolénico, por lo que se encuentran entre las fuentes naturales con mayor contenido de ácido alfa-linoleico (Ayerza y Coates, 2011). También contienen un 20% de omega-6 ácido linoleico, proporcionando un buen equilibrio entre los dos ácidos grasos esenciales (Iglesias-Puig, E. y Haros, M, 2013). Además, contienen una elevada proporción de compuestos antioxidantes (Reyes-Caudillo et al., 2008). También se ha observado que contienen todos los aminoácidos esenciales, en particular leucina, lisina, valina e isoleucina (4.15, 2.99, 2.85 y 2.42 g/100 g proteínas, respectivamente) (Oliveros Sandoval y Paredes-López, 2012). A pesar de este alto contenido de proteínas, no hay ninguna evidencia de efectos adversos o alergias causadas por las semillas de chía enteras o molidas (EFSA, 2009).

Por otra parte, las semillas son ricas en fibra dietética (hasta un 30% del peso total) y producen un exudado natural en solución acuosa formado por un polisacárido ramificado compuesto de xilosa, glucosa, ácido glucurónico y con un alto peso molecular ($0.8-2 \times 10^6$ Da). Este exudado puede absorber hasta 10 veces su peso en agua, lo que permite una absorción más lenta de azúcar en el cuerpo (Lin et al., 1994; Muñoz et al., 2012).

Todas estas características convierten a las semillas de chía en un ingrediente muy interesante para enriquecer alimentos y es por ello que se está utilizando en países como Estados Unidos, Canadá, Australia y

diversos países sudamericanos, mientras que en Europa es prácticamente desconocido. Los productos más comunes donde puede encontrarse la chía son como semillas, cápsulas de aceite, pan con chía, cereales de desayuno, galletas y como producto dietético.

Teniendo en cuenta todos los estudios sobre las características nutricionales de la chía, la autoridad europea de seguridad alimentaria (EFSA) autorizó su uso como ingrediente de alimentos y su comercialización en productos de panadería con un contenido máximo del 5% (EFSA, 2009). En el año 2013 el contenido máximo fue aumentado a 10% por la Comisión de Ejecución mediante la decisión 2013/50/UE.

Por lo tanto, la tendencia actual muestra un gran interés por productos saludables y por el desarrollo de diferentes productos de panadería con propiedades nutricionales beneficiosas para la salud como un alto contenido de fibra, probióticos, prebióticos, ácidos grasos omega-3, etc..., que están aumentando sus ventas en los últimos años. Así, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la incorporación de tres concentraciones diferentes de semillas de chía (0, 5 y 10%) como sustituto parcial de la grasa en magdalenas utilizando tres tiempos de reposo diferentes para la masa (0, 6 y 12 horas), evaluando sus propiedades tecnológicas en comparación con magdalenas tradicionales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Formulaciones

Harina, almendra, huevos, azúcar, aceite de girasol, leche, bicarbonato sódico y ácido cítrico fueron mezclados siguiendo una receta de una panadería tradicional que suministró estos ingredientes en las proporciones utilizadas en sus formulaciones. Con el fin de mejorar el perfil lipídico de las magdalenas, en algunas formulaciones, parte del aceite (24%) fue reemplazado por semillas de chía en un 5 o 10% (proporcionadas por la empresa Q'Omer BioActive Ingredients S.L.).

Estas tres formulaciones (M0, M5 y M10) se prepararon y se dejó reposar la masa considerando tres tiempos de reposo (0, 6 y 12 horas). La tabla 1 muestra las diferentes formulaciones preparadas y su nomenclatura.

TABLA 1. Formulaciones de las magdalenas en función del porcentaje de semillas de chía utilizado para reemplazar la grasa y el tiempo de reposo de la masa.

% Semillas de chía	Tiempo de reposo		
	0 horas	6 horas	12 horas
0	M0-0h	M0-6h	M0-12h
5	M5-0h	M5-6h	M5-12h
10	M10-0h	M10-6h	M10-12h

2.2. Preparación de las magdalenas

Se mezclaron todos los ingredientes con una batidora eléctrica (Kenwood, modelo KM240 serie, Reino Unido) durante 35 minutos a elevada velocidad. Tras el tiempo de reposo para cada formulación (tabla 1), la masa se dispuso en moldes de papel con 65 g cada uno y fueron horneados a 145 °C durante 30 minutos en un horno eléctrico (Rational, modelo SCC 62, Alemania). Después de la cocción se obtuvieron 15 magdalenas por formulación que se enfriaron hasta temperatura ambiente, 5 de las cuales fueron analizadas tras la cocción mientras que otras 5 se almacenaron durante 7 días para la repetición de los análisis.

2.3. Condiciones de almacenamiento

Las magdalenas fueron almacenadas a 25 °C con un 40% de humedad y cerradas en bolsas de polietileno. La masa, durante el tiempo de reposo se mantuvo en las mismas condiciones de temperatura y humedad.

2.4. Pérdida de masa

La pérdida de masa durante el horneado (PM) se calculó teniendo en cuenta el peso antes y después de la cocción en una balanza compacta (Precisa Gravimetrics AG, CH-Dietikon, tipo 165BJ, modelo BJ6100D) de acuerdo con la ecuación 1:

$$PM (\%) = [(PA - PD/PA) \times 100] \quad (1)$$

donde: PM=pérdida de masa durante el horneado; PA=peso (en gramos) de la masa antes de hornear; PD=peso (en gramos) de las magdalenas después de hornear.

2.5. Altura de las magdalenas

La altura fue medida desde la parte más alta de la magdalena hasta la parte inferior utilizando un calibre digital (Mondpalast, 150 mm Calibre Vernier Digital), realizándose en total tres medidas para cada magdalena.

2.6. Actividad de agua (a_w)

La a_w se determinó mediante un medidor de actividad de agua AquaLab (Decagon Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA) a 25 °C.

2.7. Propiedades mecánicas

El análisis de textura se llevó a cabo utilizando un Analizador de textura TA.XT.plus (Microsystems estable, Godalming, Reino Unido). Se obtuvieron cilindros de 40 mm de diámetro y 40 mm de altura a partir de las magdalenas mediante un sacabocados. Posteriormente se cortó de forma

horizontal la parte superior de la magdalena para obtener una superficie uniforme para el análisis.

Se realizó una prueba de doble compresión (TPA) con una sonda cilíndrica plana de 40 mm de diámetro. Los cilindros se comprimieron un 40% de la altura inicial, a una velocidad de 1 mm/s con un tiempo de espera de 5 s entre los dos ciclos. A partir de los gráficos se determinó la dureza (fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión), la elasticidad (altura recuperada por el cilindro entre el final de la primera compresión y el comienzo de la segunda compresión), la cohesión (relación entre el área positiva de la fuerza durante la segunda compresión y el área positiva de la fuerza durante la primera compresión), y la gomosidad (producto de la dureza y la cohesión).

2.8. Propiedades ópticas

Las medidas de color de la corteza y de la miga de las magdalenas se realizaron mediante un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM - 3600d, Tokio, Japón). Los resultados fueron expresados según el sistema de referencia CIELab con el iluminante D65 y un ángulo de visión de 10°. Los parámetros determinados fueron la luminosidad L^* , la coordenada a^* , y la coordenada b^* . Además, se calculó la diferencia total de color (ΔE^*) respecto de la formulación control (M0-0h) (Francis y Clydesdale, 1975):

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

Las medidas de color de la corteza se realizaron por triplicado y se tomaron de la parte superior cortada del cilindro utilizado en el análisis de textura. Para el color de la miga se midió el interior de las magdalenas por triplicado.

2.9. Análisis sensorial

Los catadores utilizados para el análisis sensorial fueron estudiantes y empleados de la Universidad Politécnica de Valencia, consumidores habituales de magdalenas. Se necesitaron 16 catadores de entre 20 y 60 años para llevar a cabo la cata que se realizó en un laboratorio sensorial con cabinas individuales (ISO 8589,1988). Cada consumidor probó tres formulaciones (M0-6h, M5-6h y M10-6h) presentadas al mismo tiempo en una sola sesión y codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Los consumidores valoraron el aspecto, color (corteza y miga), aroma, textura, dulzor y sabor de cada formulación en una escala hedónica de nueve puntos (ISO 4121:2003 y UNE-87025:1996) desde "me disgusta mucho" hasta "me gusta mucho". En el anexo I se muestra la ficha utilizada para el análisis.

2.10. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) sobre los datos obtenidos utilizando el software Statgraphics Plus (Statpoint Technologies, Inc.,

centurión, Warrenton, Virginia, USA). Se consideraron diferencias significativas con un nivel de significación del 95% (p -value < 0.05).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra los valores de actividad de agua (a_w) tras el horneado y después de siete días de almacenamiento de las magdalenas con diferente porcentaje de semillas de chía y tiempo de reposo de la masa antes de hornear.

Puede observarse que la incorporación de las semillas de chía reduce significativamente la a_w (Figura 1a) en las magdalenas horneadas directamente después de mezclar los ingredientes (sin tiempo de reposo de la masa), lo que es coherente con la menor pérdida de masa (Figura 2), aunque no se detectaron diferencias significativas con el porcentaje de semillas de chía incorporado. El alto contenido en fibra de las semillas de chía (14.8 ± 0.7 g/100 g de semillas de chía (Felisberto et al., 2015)) podría ser el responsable de este comportamiento. Así, otros autores han determinado la capacidad de retención de agua de la fibra en productos de panadería (Struck et al., 2015).

Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los valores de a_w en las formulaciones con tiempo de reposo, por lo que este parámetro no afectaría inicialmente. Después de una semana de almacenamiento (Figura 1b), sólo las muestras sin semillas de chía mostraron cambios en la a_w dependiendo del tiempo de reposo, siendo el valor de a_w menor cuando la masa se horneó directamente y mayor cuando la masa reposó 6 o 12 horas.

Por lo tanto, la incorporación de semillas de chía no modifica la a_w del producto tradicional.

En cuanto a la pérdida de masa (Figura 2), se observó que a mayor tiempo de reposo menor era la pérdida de masa de las magdalenas sin chía. Estos resultados coinciden con los observados por Ripoll et al. (2015) en estudios anteriores, donde se encontraron diferencias significativas en la pérdida de masa de magdalenas en función del tiempo de reposo de las masas (0 y 4 horas).

La adición de semillas de chía redujo la pérdida de masa de las magdalenas cuando la masa se horneó directamente tras su incorporación. Este comportamiento podría estar relacionado con la capacidad de retención de agua de la chía (Inglet et al., 2014) y el aumento de la humedad observada también por Constantini et al., (2014). Sin embargo, las magdalenas con chía que se prepararon con un tiempo de reposo de la masa mostraron una mayor pérdida de masa que las magdalenas control, lo que evidenciaría que la estructura de las semillas de chía puede evolucionar durante el tiempo y perder su capacidad de retener agua.

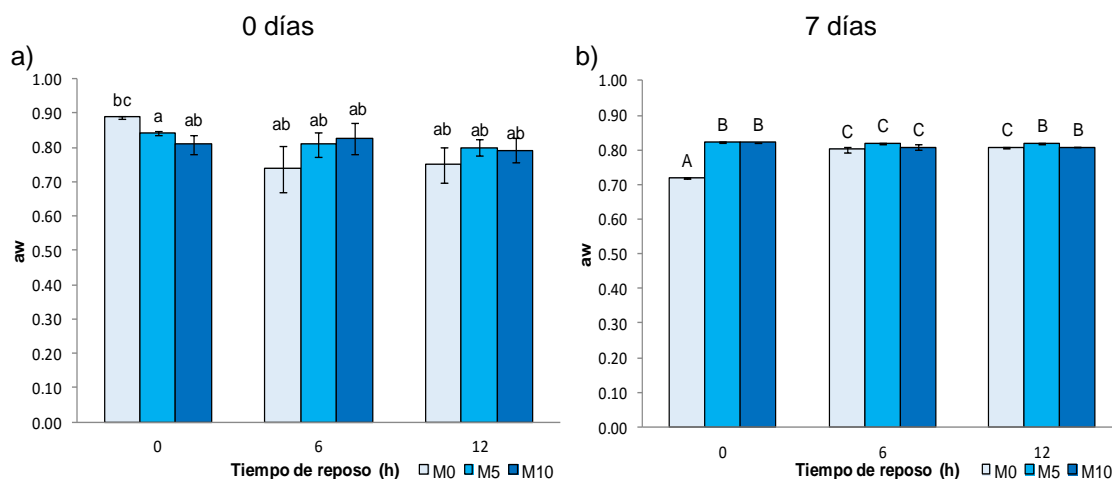


FIGURA 1. Valores de actividad de agua (a_w) de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía inicial (a) y después de siete días de almacenamiento (b).

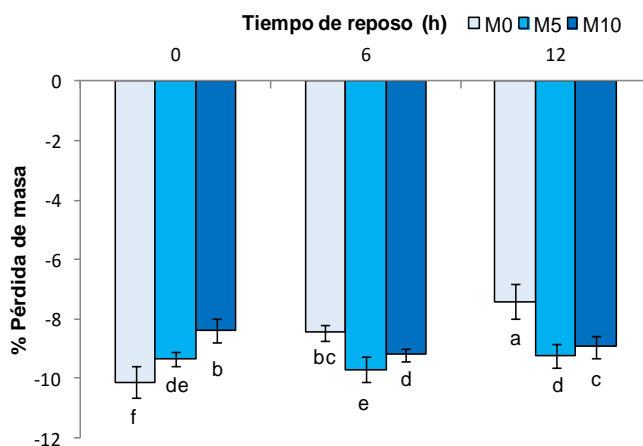


FIGURA 2. Porcentaje de pérdida de masa de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía.

En todos los casos, la sustitución de la grasa por semillas de chía implicó una reducción de la altura (Figura 3), contrario a lo observado por otros autores (Iglesias-Puig y Haros, 2013) en pan, cuyo volumen específico aumentó con la adición de chía.

Generalmente, el volumen del producto final depende de la cantidad de aire incorporado en la mezcla y de la capacidad de retención durante el horneado (Frye y Setser, 1991), que está influenciado por mecanismos de desestabilización como el aumento de burbujas, la coalescencia y la desproporción (Wilderjans et al., 2013).

Es posible que la combinación de las proteínas del huevo, la leche y el azúcar con las semillas de chía haya contrarrestado el efecto observado en el pan, o que la levadura usada para el crecimiento de la masa del pan mejorase la capacidad de retención del aire.

El tiempo de reposo no influyó significativamente en la altura de las magdalenas sin chía. Solo en el caso de la adición de 5% de semillas

aumentó la altura de las muestras con tiempos largos de reposo de la masa (12h).

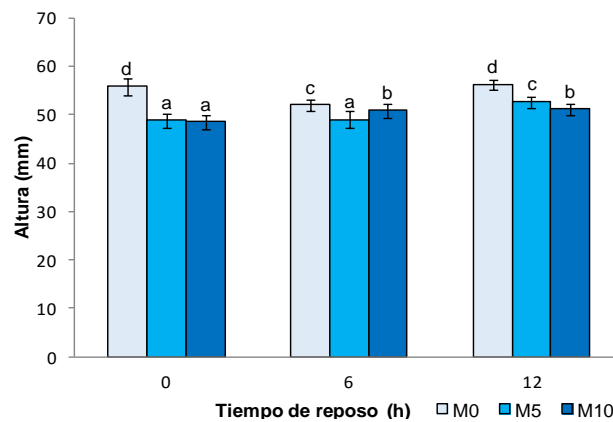


FIGURA 3. Valores de la altura de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía.

La figura 4 muestra los resultados de dureza y gomosidad al inicio y después de siete días de almacenamiento de las magdalenas con diferente cantidad de semillas de chía y tiempo de reposo antes del horneado. Como puede observarse, tras el horneado, las magdalenas son menos duras con tiempos de reposo de la masa (Figura 4a). La adición de semillas aumenta significativamente la dureza de las muestras en todos los casos. Cabe destacar que con bajas proporciones de semilla (5%), el tiempo de reposo aumenta la dureza de las magdalenas, mientras que con proporciones mayores (10%) disminuye. Con el almacenamiento (Figura 4b), todas las muestras aumentan su dureza, lo que estaría relacionado con la pérdida de humedad de las mismas.

Los efectos de las variables sobre la gomosidad (Figura 4c y 4d) son similares a los observados para la dureza.

La incorporación de fibra en productos horneados dulces se asocia con un aumento en la viscosidad de la masa, lo que influye directamente sobre el volumen y la textura del producto (Lebesi y Tzia, 2011; Martínez-Cervera, et al., 2011). Este aumento en la viscosidad de la masa se relaciona con propiedades físico-químicas de la fibra como su capacidad de ligar agua (Gularte, M.A. et al., 2011) lo que reduce el agua disponible para otros ingredientes y, en consecuencia, afecta a las características del producto como su dureza y su masticabilidad (Grigelmo-Miguel et al., 1999; Sudha et al., 2007).

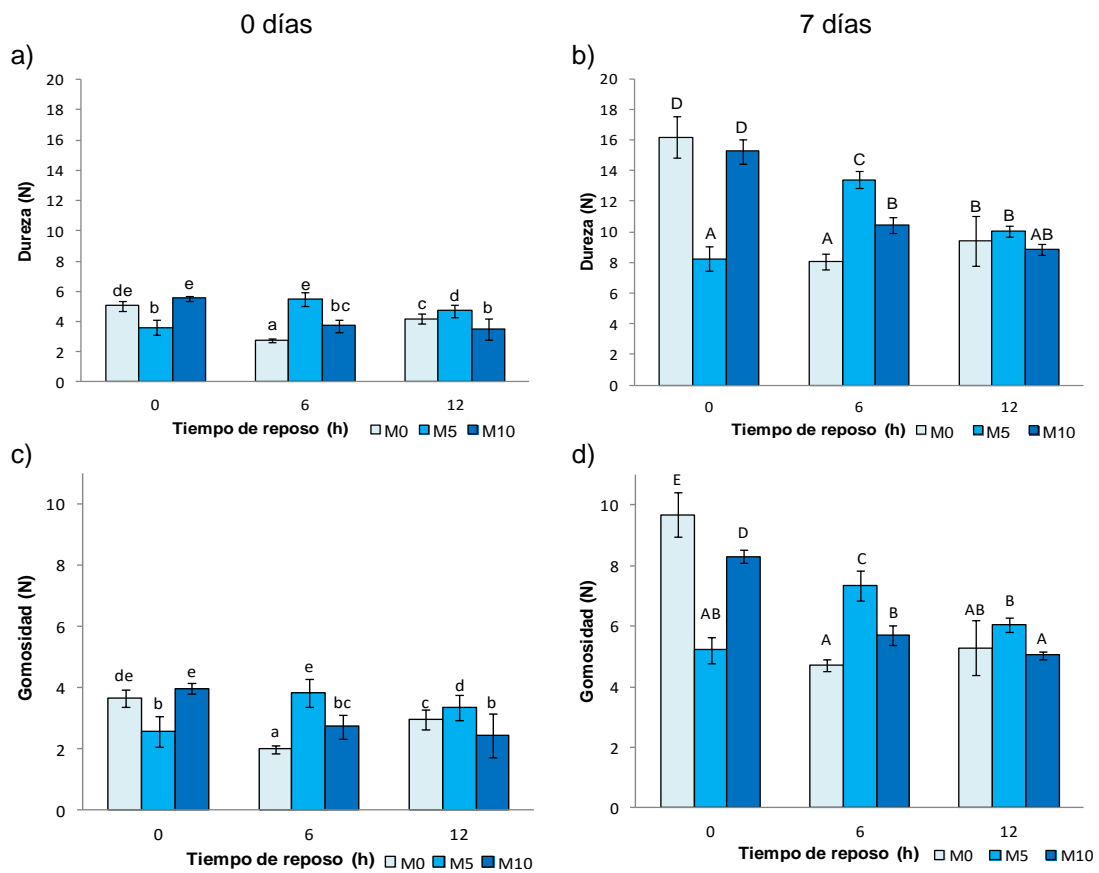
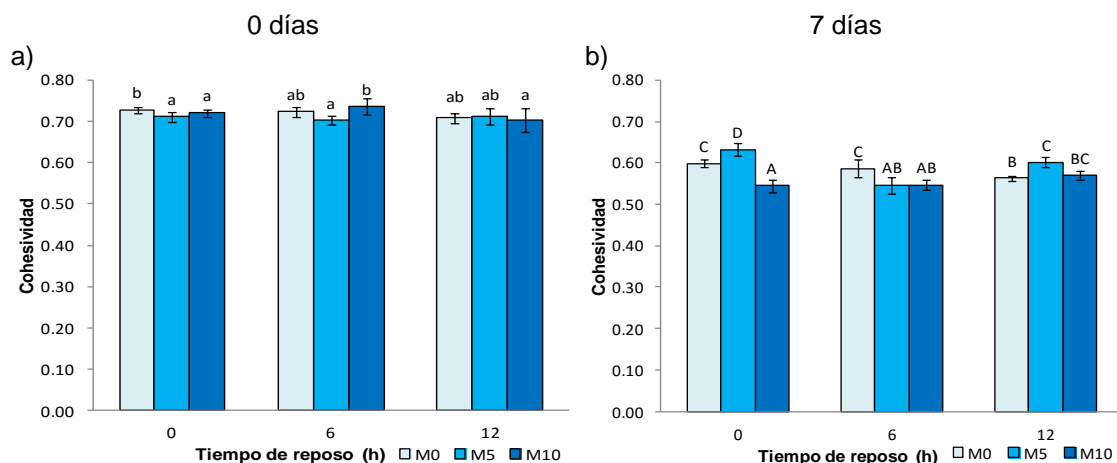


FIGURA 4. Valores de la dureza de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía inicial (a) y después de siete días de almacenamiento (b). Valores de la gomosidad de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía inicial (c) y después de siete días de almacenamiento (d).

La figura 5 muestra los valores de la cohesividad y elasticidad. En todos los casos, no se observaron diferencias significativas por efecto de la adición de semillas de chía ni por el tiempo de reposo de la masa. Tanto la cohesividad como la elasticidad disminuyeron a los siete días de almacenamiento.



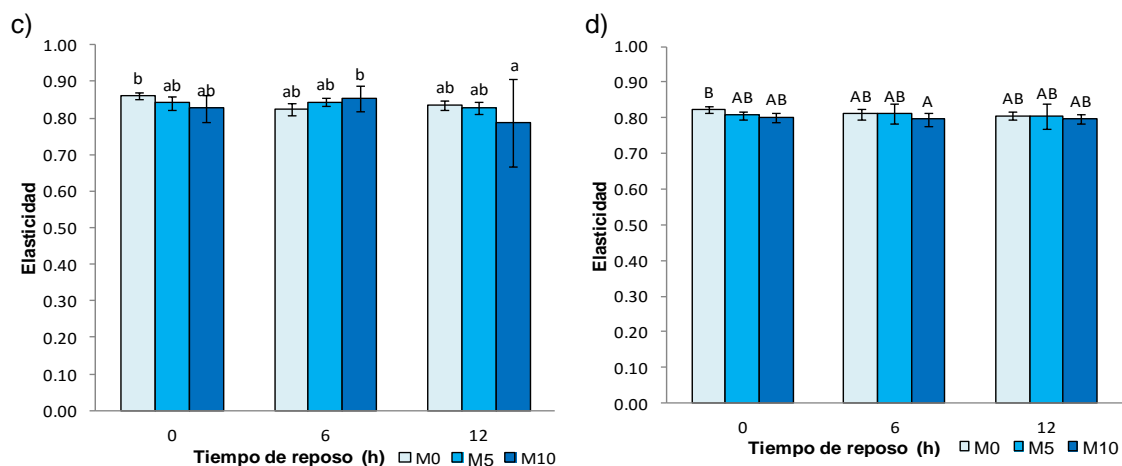


FIGURA 5. Valores de la cohesividad de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chíá inicial (a) y después de siete días de almacenamiento (b). Valores de la elasticidad de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chíá inicial (c) y después de siete días de almacenamiento (d).

La figura 6 muestra los planos cromáticos b^*-a^* , L^*-a^* y las diferencias de color externo (corteza) al inicio y después de siete días de almacenamiento de las magdalenas con diferente cantidad de semillas de chíá y dependiendo del tiempo de reposo de la masa antes de hornear. En general, no se encontraron diferencias significativas en los parámetros cromáticos por efecto de la adición de chíá y el tiempo de reposo en la masa. Solo en el caso de las magdalenas con un 10% de chíá sin tiempo de reposo de la masa presentaron colores más amarillentos. Teniendo en cuenta que el color analizado corresponde a la superficie externa, esta diferencia podría ser atribuible a la cocción. El almacenamiento no modificó las coordenadas cromáticas.

De acuerdo con Bodart et al., (2008) los criterios utilizados para determinar si la diferencia total de color es apreciable por el ojo humano fueron: $\Delta E^* < 1$ las diferencias de color no son obvias por el ojo humano; $1 < \Delta E^* < 3$ las diferencias de color no se aprecian por el ojo humano; $\Delta E^* > 3$ las diferencias de color son obvias para el ojo humano. En estos resultados, la variabilidad dentro de cada lote analizado no permite establecer estos límites tan claros en las diferencias de color. No obstante, en coherencia con los resultados comentados en los planos cromáticos, solo se observó una diferencia de color apreciable en las muestras M10-0h.

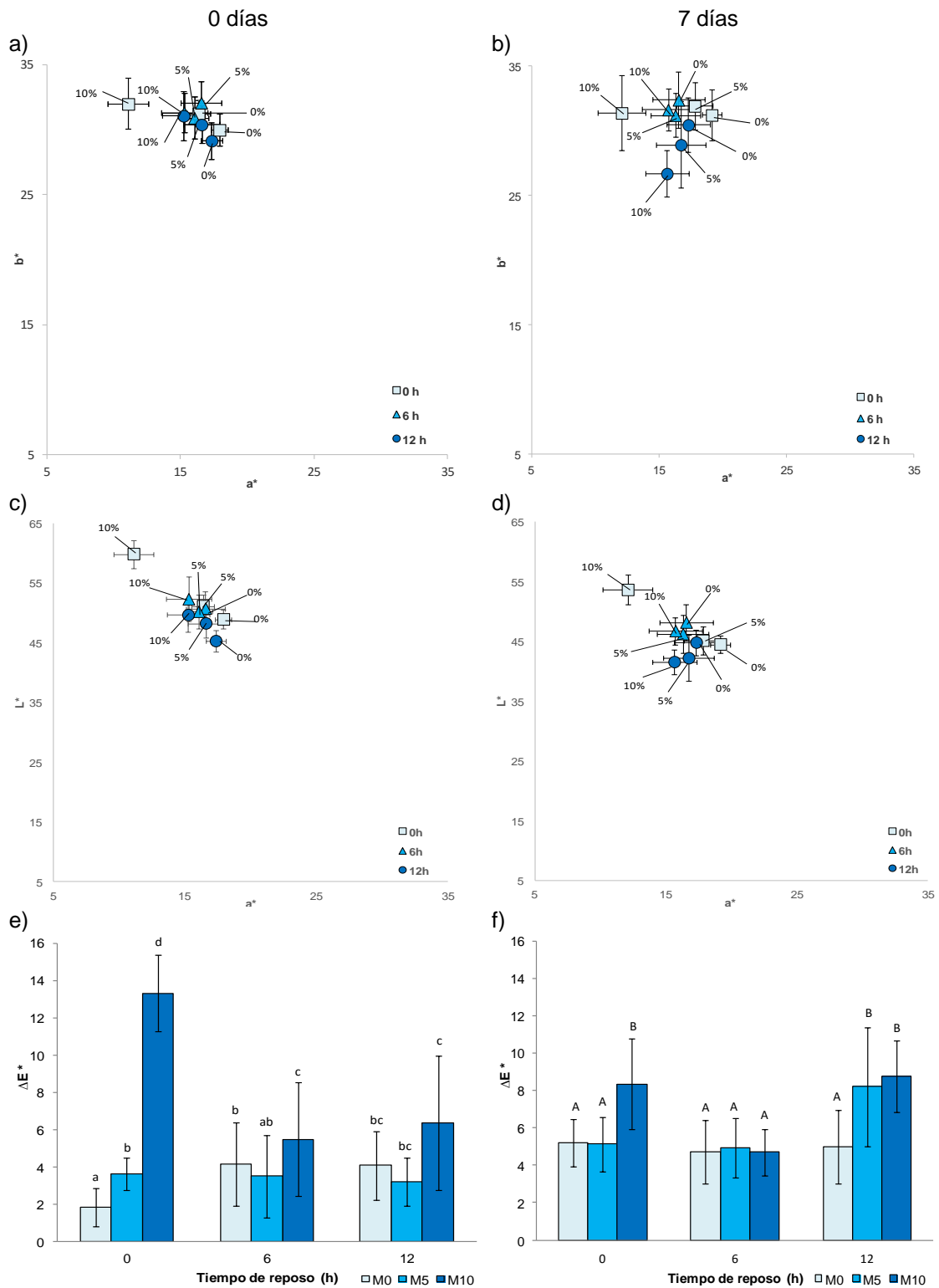


FIGURA 6. Coordenadas b^* y a^* de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía inicial (a) y después de siete días de almacenamiento (b). Coordenadas L^* y a^* de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía inicial (c) y después de siete días de almacenamiento (d). Diferencia de color (ΔE^*) de las magdalenas dependiendo del tiempo de reposo de la masa y el porcentaje de adición de semillas de chía inicial (e) y después de siete días de almacenamiento (f).

La figura 7 muestra los planos cromáticos b^*-a^* , L^*-a^* y las diferencias del color interior (miga) de las magdalenas con diferente cantidad de semillas de chía después del horneado con 6 horas de tiempo de reposo. La adición del 10% de chía reduce ligeramente las coordenadas a^* y b^* así como la luminosidad, lo que hace que estas muestras sean algo más oscuras. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas de color.

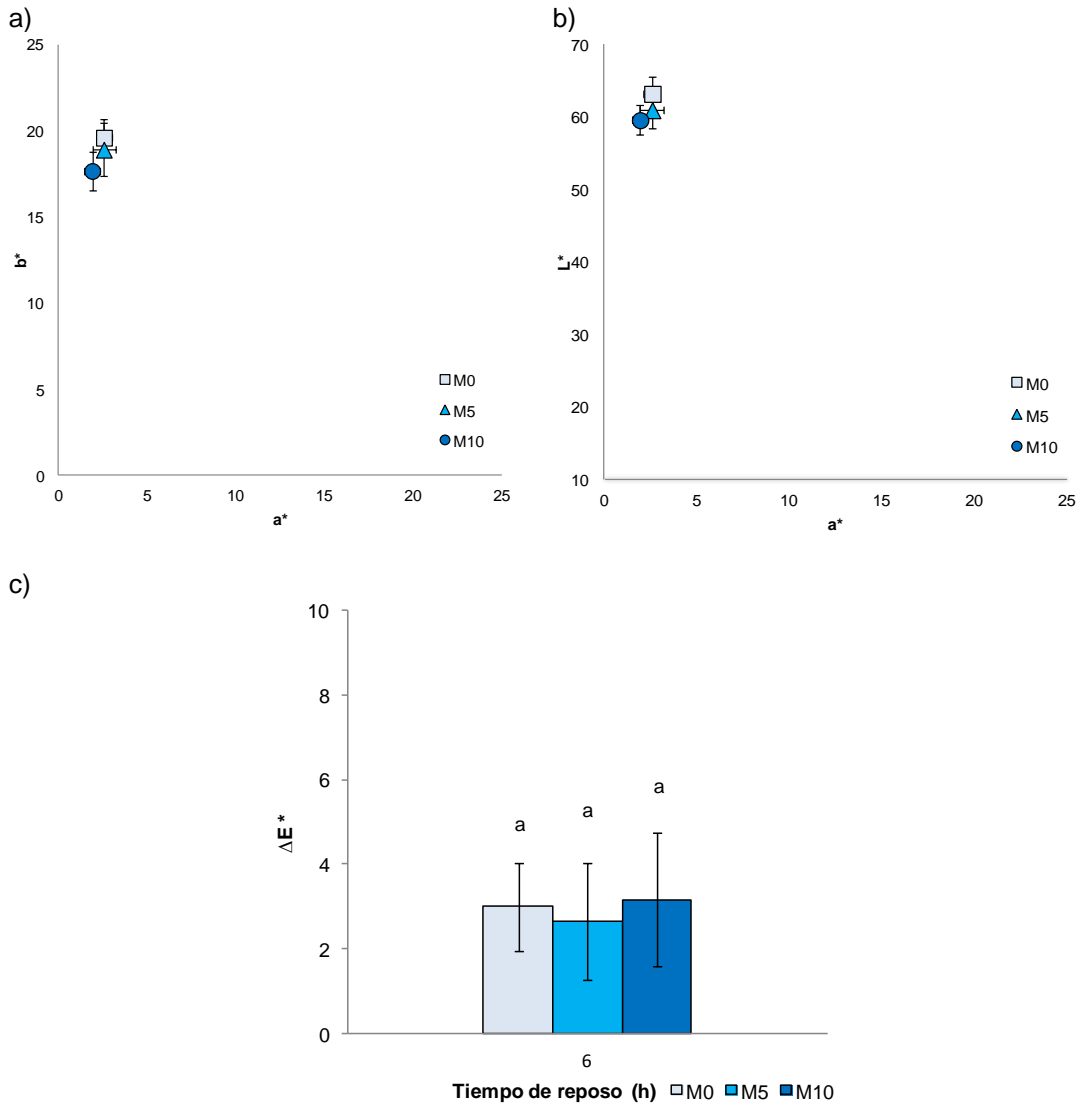


FIGURA 7. Valores de las coordenadas b^* y a^* de las magdalenas con un tiempo de reposo de la masa de 6h y diferentes porcentajes de adición de semillas de chía (a). (b) Valores de las coordenadas L^* y a^* de las magdalenas con un tiempo de reposo de la masa de 6h y diferentes porcentajes de adición de semillas de chía. (c) Valores de la diferencia de color (ΔE^*) de las magdalenas con un tiempo de reposo de la masa de 6h y diferentes porcentajes de adición de semillas de chía.

Para las pruebas sensoriales, se eligieron las muestras con 6 horas de reposo de la masa por ser las que presentaron las mejores propiedades mecánicas. En la figura 8 puede observarse la aceptación de cada atributo por parte de los catadores para estas formulaciones.

En ninguna de las características evaluadas se encontraron diferencias significativas entre las muestras. Por tanto, desde el punto de vista organoléptico, la adición de semillas de chía sustituyendo parcialmente a aceite no modifica la percepción sensorial del consumidor.

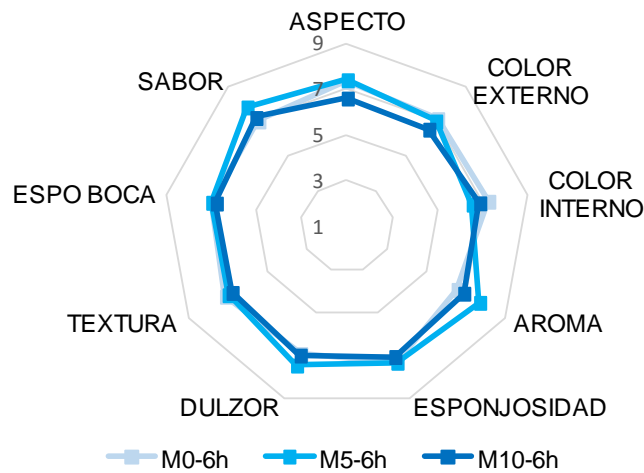


FIGURA 8. Aceptación de los diferentes atributos evaluados para cada formulación.

4. CONCLUSIÓN

La sustitución parcial de aceite por semillas de chía en las proporciones estudiadas en magdalenas es factible sin modificar la percepción sensorial del consumidor, ni las propiedades mecánicas ni ópticas, aunque el producto presente una ligera menor altura. En cuanto al tiempo de reposo de la masa, 6 horas parecen mejorar las propiedades mecánicas, sin afectar al resto de propiedades estudiadas.

5. REFERENCIAS

- Alfredo, V. O., Gabriel, R. R., Luis, C. G., y David, B. A. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT-Food Science and Technology* 42(1), 168–173.
- Ayerza, R., y Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34, 1366–1371.
- Bodart M, de Peñaranda R, Deneyer A, Flamant G. (2008). Photometry and colorimetry characterisation of materials in daylighting evaluation tools. *Building Environ*, 43(12), 2046–58.
- Brooker, B. E. (1993). The stabilisation of air in foods containing fat - a review. *Food Structure*, 12, 115–122.

- Brooker, B. E. (1996). The role of fat in the stabilisation of gas cell in bread dough. *Journal of Cereal Science*, 24, 187–198.
- Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1366–1371.
- Constantini, L., Lukšić, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L., Merendino, N. (2014) Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food Chemistry*, 165, 232–240.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2009). Scientific opinion of the panel on dietetic products nutrition and allergies on a request from the European Commission on the safety of 'chia seed (*Salvia hispanica* L.) and ground whole chia seed' as a food ingredient. *The EFSA Journal*, 996, 1–2.
- Felisberto, M., Wahanick, A., Gomes-Ruffi, C., Clerici, M., Chang, Y., y Steel, C. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT-Food Science and Technology*, 63, 1049–1055.
- Francis FJ, Clydesdale FM. (1975). Food colorimetry: theory and applications. Westport, Conn.: The Avi Publishing Co., Inc.
- Frye, A. M., y Setser, C. S. (1991). Optimising texture of reduced calorie sponge cakes. *Cereal Chemistry*, 69, 338–343.
- Grigemo-Miguel, M., Gorinstein, S., Martin-Belloso, O. (1999). Characterization of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, 65, 175–181.
- Gularte, M.A., de la Hera, E., Gómez, M. Rosell CM. 2012. Effect of different fibers on the enrichment of gluten-free layer cake. *LWT-Food Science and Technology*, 48, 209–214.
- Iglesias-Puig, Esther, y Monika Haros. (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *European Food Research and Technology* 237 (6), 865–874.
- Inglett, G. E., Chen, D., Liu, S. X., y Lee, S. (2014). Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. *LWT-Food Science and Technology* 55(1), 148–156.
- ISO. (1988). Sensory analysis: General guidance for design of test rooms. Standard no. 8589. Geneva: Switzerland.
- ISO. (2003). Sensory analysis -- Methodology -- Evaluation of food products by methods using scales.
- Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., y Tomás, M. C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 286–293.
- Lebesi, D.M., y Tzia, C. (2011). Staling of cereal bran enriched cakes and the effect of an endoxylanase enzyme on the psychochemical and sensorial characteristics. *Journal of Food Science*, 76, 6.
- Lin, K. Y., Daniel, J. R., y Whistler, R. L. (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydrate Polymers*, 23, 13–18.
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Muguera, B., Moulay, L. y Fiszman, S.M. (2011). Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT-Food Science and Technology* 44, 729–736.
- Muñoz, L. A., Aguilera, J. M., Rodríguez-Turiénzo, L., Cobos, A., y Díaz, O. (2012). Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 111, 511–518.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Díaz, O., y Aguilera, J. M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering* 108(1), 216–224
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., y Valdivia-Lopez, M.A. (2008) Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, 107, 656–663.
- Ripoll, E., Rubio-Arreaez, S., Castelló, M.L., Ortolá, M.D. (2015). Influence of the resting time and freezing on the rheology properties of dough and characterization of cakes. *III National y II International Student Congress of Food Science y Technology*, 59–60.
- Sandoval-Oliveros, M. R., y Peredes-Lopez, O. (2012). Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 193–201.

- Struck, S., Gundel, L., Zahn, S., y Rohm, H. (2016). Fiber enriched reduced sugar muffins made from iso-viscous batters. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 32–38.
- Sudha, M. L., Baskaran V., Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry* 104, 686-692.
- Svec, I., Hrusková, M., Jueinová, I. (2016). Pasting characteristics of wheat-chia blends. *Journal of Food Engineering* 172, 25–30.
- UNE 87025:1996. Sensory analysis. Methodology. Texture profile.
- WHO (2014). Obesity and overweight. World Health Organization.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., y Delcour, J.A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science y Technology*, 30(1), 6–15.

ANEXO I. Ficha utilizada para la realización del análisis sensorial.

CATA DE MAGDALENAS

Antes de comenzar el análisis sensorial de las magdalenas, indique los siguientes datos:

Nombre: Hombre Mujer

Edad: Entre 18-30 Entre 31-45 Entre 46-60 Mayor de 60

Marque con una cruz la frecuencia con la que consume magdalenas:

Varias veces a la semana Una vez a la semana Una vez al mes Ocasionalmente

Usted dispone de 3 magdalenas diferentes. Debe responder el cuestionario adjunto para cada una de ellas, siguiendo las instrucciones facilitadas.

Muestra nº ____

ANTES de probar la magdalena, valore las siguientes características:

1. ¿Cuánto te agrada el ASPECTO de este producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

2. ¿Cuánto te agrada el COLOR EXTERNO de este producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

3. ¿Cuánto te agrada el COLOR INTERNO de este producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

4. ¿Cuánto te agrada el AROMA de este producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

5. ESPONJOSIDAD AL ABRIRLA.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

DESPUÉS de probar la magdalena, valore las siguientes características:

6. ¿Cuánto te agrada el DULZOR de este producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

7. ¿Cuánto te agrada la TEXTURA de este producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

8. ¿Cuánto te agrada la ESPONJOSIDAD EN BOCA?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

9. ¿Cuánto te agrada el SABOR de este producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Me disgusta mucho

Indiferente

Me gusta mucho

¡¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!