

# **UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA AGRONÓMICA Y  
DEL MEDIO NATURAL



## ***Efecto del reemplazo del aceite de girasol por aceite de chía en magdalenas***

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA  
DE LOS ALIMENTOS

**ALUMNO:** CARLOS MARTÍ DEL OLMO

**TUTORAS UPV:** MARISA CASTELLÓ GÓMEZ  
M<sup>º</sup> DOLORES ORTOLÁ ORTOLÁ  
SUSANA RUBIO ARRAEZ

**Curso Académico:** 2017-2019

**VALENCIA, Julio de 2019**



**Título: *Efecto del reemplazo del aceite de girasol por aceite de chía en magdalenas.***

**Resumen**

Este trabajo fin de grado, se presenta como respuesta a la necesidad de mejorar las propiedades nutricionales de los productos de bollería. En este sentido, se plantea la posible sustitución de determinados componentes, como son las grasas convencionales, por otras que tengan un perfil más saludable. Concretamente, en este estudio se evalúa la influencia del reemplazo total o parcial (25, 50, 75 y 100%) del aceite de girasol por aceite de chía, que es muy rico en omega 3, analizando las propiedades reológicas de las masas batidas para la elaboración de magdalenas, así como la actividad de agua, las propiedades ópticas, mecánicas y sensoriales del producto horneado. Los resultados pusieron de manifiesto que el aceite de chía disminuyó la retención de aire en la masa dando como consecuencia menor viscosidad. Además, las magdalenas con aceite de chía retuvieron menos agua después del horneado, alcanzaron menor altura y fueron más duras y oscuras. Este comportamiento podría estar relacionado con el perfil de ácidos grasos insaturados del aceite de chía que mostraría una mayor predisposición a la termooxidación. No obstante, el panel de catadores evaluó positivamente los atributos de las magdalenas con chía, excepto el dulzor que se percibió en estos casos como demasiado bajo.

**Palabras clave:**

Bollería, magdalenas, aceite de girasol y aceite de chía.

**Title: *Effect of replacing sunflower oil with chia oil on muffins***

**Abstract**

This final degree project is presented in response to the need to improve the nutritional properties of bakery products. In this regard, the possible replacement of certain components, such as conventional fats, by others that have a healthier profile. Specifically, this study evaluates the influence of total or partial replacement (25, 50, 75 and 100%) of sunflower oil for chia oil, which is very rich in omega 3, analyzing the rheological properties of the masses for the preparation of muffins, as well as the water activity, the optical, mechanical and sensory properties of the baked product. The results showed that the chia oil decreased the retention of air in the dough resulting in lower viscosity. In addition, the muffins with chia oil retained less air after baking, reached lower height and were harder and darker. This behavior could be related to the profile of unsaturated fatty acids of chia oil that would show a greater predisposition to thermooxidation. However, the panel of tasters evaluated positively the attributes of the muffins with chia oil, except for the sweetness that was perceived in these cases as too low.

**Keywords:**

Pastries, muffins, sunflower oil and chia oil.

**Titol: *Efecte del reemplaçament de l'oli de gira-sol per oli de chía a magdalenes***

**Resum**

Aquest treball fi de grau, es presenta com a resposta a la necessitat de millorar les propietats nutricionals dels productes de brioxeria. En aquest sentit, es planteja la possible substitució de determinats components, com són els greixos convencionals, per altres que tinguen un perfil més saludable. Concretament, en este estudi s'avalua la influència del reemplaçament total o parcial (25, 50, 75 i 100%) de l'oli de gira-sol per oli de chía, que és molt ric en omega 3, analitzant les propietats reològiques de les masses batudes per a l'elaboració de magdalenes, així com l'activitat d'aigua, les propietats òptiques, mecàniques i sensorials del producte enforat. Els resultats van posar de manifest que l'oli de chía va disminuir la retenció d'aire en la massa donant com a conseqüència menor viscositat. A més, les magdalenes amb oli de chía van retindre menys aigua després de l'enforat, van aconseguir menor altura i van ser més dures i fosques. Aquest comportament podria estar relacionat amb el perfil d'àcids grassos insaturats de l'oli de chía que mostraria una major predisposició a la termooxidación. No obstant això, el panell de tastadors va avaluar positivament els atributs de les magdalenes amb chía, excepte la dolçor que es va percebre en aquestos casos com massa davall.

**Paraules clau:**

Brioxeria, magdalenes, masses batudes, oli de girasol i oli de chía.



# **ÍNDICE GENERAL**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1	SITUACIÓN DEL SECTOR DE LA BOLLERÍA .....	1
1.2	POSIBLES ALTERNATIVAS A LA REDUCCIÓN DE GRASAS EN BOLLERÍA.....	2
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>4</b>
2.1	OBJETIVOS .....	4
2.1.1	Objetivo general .....	4
2.1.2	Objetivos específicos.....	4
2.2	PLAN DE TRABAJO .....	4
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
3.1	ELABORACIÓN DE MAGDALENAS Y FORMULACIONES .....	5
3.2	DETERMINACIONES ANÁLITICAS.....	5
3.2.1	Propiedades reológicas de la masa.....	5
3.2.2	Cinética del horneado.....	6
3.2.3	Humedad .....	7
3.2.4	Actividad de agua ( $a_w$ ).....	7
3.2.5	Propiedades ópticas de la magdalena .....	7
3.2.6	Propiedades mecánicas .....	7
3.2.7	Análisis sensorial .....	7
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	8
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>8</b>
4.1	PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LA MASA .....	8
4.2	CINÉTICA CRECIMIENTO DE LA MASA DURANTE EL HORNEADO .....	10
4.3	ACTIVIDAD DE AGUA Y HUMEDAD DEL PRODUCTO HORNEADO .....	12
4.4	PROPIEDADES ÓPTICAS.....	13
4.5	PROPIEDADES MECÁNICAS .....	14
4.5.1	Textura del producto.....	14
4.6	ANÁLISIS SENSORIAL .....	15
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>ANEJO .....</b>	<b>23</b>





# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.1.** Valor económico y volumen de los productos de bollería en España (MAPAMA, 2017). .....1

**Figura 3.1.** Módulo de almacenamiento ( $G'$ ) y módulo de pérdidas ( $G''$ ) (a) y tangente  $G''/G'$  (b) de las masas batidas en función del porcentaje de aceite de chía utilizado...10

**Figura 3.2.** Diferencia de altura entre las diferentes formulaciones con aceite de chía y la muestra control durante el horneado.....10

**Figura 3.3.** Contenido en humedad de la masa y del producto final (a) y actividad de agua de la magdalena (b).....12

**Figura 3.4.** Plano cromático  $b^* - a^*$  de la parte interna y externa de la magdalena (a). Luminosidad del interior y exterior del producto horneado (b). Diferencias de color con respecto a la muestra control de la parte interna y externa (c).....13

**Figura 3.5.** Valores de dureza (a), adhesividad (b), cohesividad (c), gomosidad (d) y elasticidad (e) de las magdalenas con diferentes formulaciones.....15

**Figura 3.6.** Puntuaciones de los parámetros valorados en la escala hedónica para cada una de las muestras. ....16

**Figura 3.7.** Gráficos obtenidos en la valoración de la intensidad de las características planteadas en la hoja de cata. ....17

**Figura 3.8.** Gráfico de penalizaciones obtenido a través de la diferencia de medias de las calificaciones sobre los diferentes parámetros valorados frente al porcentaje de jueces que les gustaría aumentar o disminuir dicho parámetro. ....18

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 2.1.** Nomenclatura de las distintas formulaciones de magdalenas estudiadas en función del aceite de chía utilizado durante su elaboración. ....5

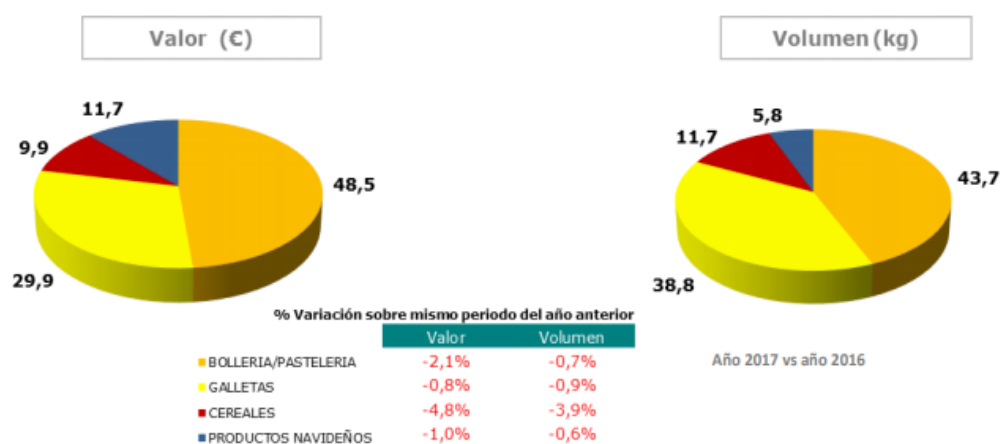
**Tabla 3.1.** Consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n) de la ley de Potencia para las diferentes masas de magdalenas estudiadas. Viscosidad aparente ( $\eta$ ) para una velocidad angular ( $\dot{\gamma}$ ) de  $50 \text{ s}^{-1}$ . ....9

**Tabla 3.2.** Parámetros del modelo de Gompertz ( $\beta$ : valor de la pendiente que cuantifica la intensidad del cambio,  $\Delta A_{\text{max}}$ : Diferencia de altura máxima y  $t_c$ : el tiempo del punto de inflexión de la curva) de la etapa de horneado para las diferentes formulaciones estudiadas. ....11

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 SITUACIÓN DEL SECTOR DE LA BOLLERÍA

En la Figura 1.1, se representa el valor económico obtenido, así como el volumen de productos de bollería/pastelería, galletas, cereales y productos navideños del mercado en cuestión, para el año 2017. Dentro de este sector, bollería y pastelería fueron los principales productos, representando el 43,7% de los kg totales y el 48,5% del valor económico. Los principales consumidores, fueron las familias con hijos medianos, seguidos por los parados y por las familias con niños pequeños (MAPAMA, 2017).



**Figura 1.1.** Valor económico y volumen de los productos de bollería en España (MAPAMA, 2017).

En 2016 las enfermedades cardiovasculares fueron la principal causa de muerte (OMS, 2016). El consumo elevado de grasas saturadas, hidrogenadas o parcialmente hidrogenadas (las denominadas grasas trans) están directamente relacionadas con el riesgo de padecer este tipo de afecciones (Fernández *et al.*, 2011).

Sin embargo, las tendencias de consumo están cambiando cada vez más y la elección de alimentos con ellas. La preocupación de las personas por su salud, así como por la longevidad de su vida está influyendo en los hábitos alimenticios de la gente, modificándola por otra que se rija por los principios de una dieta sana (Munárriz & De Luis, 2009).

Hace 60 años aproximadamente las grasas animales se consumían a niveles ligeramente más altos que los aceites vegetales (especialmente en Oceanía y Europa). Sin embargo, las tendencias hacia una dieta más saludable han visto un marcado descenso en el consumo de grasas animales en paralelo con el aumento en el consumo de aceite vegetal. Es probable que estas tendencias continúen en el futuro, particularmente en vista de las implicaciones para la salud de las dietas ricas en ácidos grasos saturados (Kearney, 2010).

## 1.2 POSIBLES ALTERNATIVAS A LA REDUCCIÓN DE GRASAS EN BOLLERÍA

El uso de grasas saturadas (mantequillas, aceite de coco o de palma) es comúnmente utilizado en la elaboración de bollería industrial debido a su mayor estabilidad en el tiempo y menor susceptibilidad de enranciamiento oxidativo. Sin embargo, como se ha comentado en el anterior apartado, el elevado consumo de este tipo de grasas está relacionado con el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Ante esta situación, la industria alimentaria respondió con la producción de aceites vegetales hidrogenados o parcialmente hidrogenados, con características similares a las grasas animales. Pero, a partir de los años 90, surgió otra evidencia epidemiológica, debido a que, en la mayoría de grasas parcialmente hidrogenadas, se forman enlaces “trans” (ácidos grasos trans: AGT) y éstos fueron seriamente relacionados con el riesgo de sufrir cardiopatía coronaria y diabetes (Ballesteros-Vásquez, *et al.*, 2012). En este sentido, la industria ha tratado de reemplazar las grasas por otros componentes que tecnológicamente aporten propiedades similares. Así, Yáñez & Bioelley, (1999) presentaron numerosas alternativas para la reducción de grasas, los denominados “sustitutos de grasas” (SDG), como:

- **Hidratos de carbono:** Gomas, pectinas, almidones, celulosas y otros hidratos de carbono extraídos de algunos granos y cereales que podrían cumplir algunas funciones de las grasas como pueden ser el aporte de textura y la capacidad de retención de agua. Por citar algún ejemplo, Doménech-Asensi *et al.*, (2015) estudiaron el uso de aceite de girasol alto oleico junto con aporte de inulina como sustituto parcial de grasas y azúcares permitiendo mejorar el perfil nutricional de bollos y croissants. Conforti *et al.*, (1996) demostraron que era viable sustituir parcialmente las grasas por hidratos de carbono en galletas, desarrollando productos aceptables por parte de los consumidores. En este sentido, Grigelmo-Miguel *et al.*, (2001) estudiaron el efecto de reemplazo de grasa por fibra de melocotón sobre las propiedades físicas y sensoriales en magdalenas reducidas en grasa, demostrando también, que no hubieron diferencias para la aceptabilidad de las magdalenas control y las bajas en grasa, en las que hubo un 4% o menos de sustitución de grasa por fibra.
- **Proteínas:** derivadas de la leche, soja y huevo con multitud de propiedades sensoriales similares a las de las grasas. Al igual que en el anterior caso, las proteínas tienen la capacidad de retener dos veces su peso en agua. Zoulias *et al.*, (2002) estudiaron las diferencias de textura en galletas con sustitución parcial de grasas de hasta el 50% por hidratos de carbono y proteínas como miméticos de las mismas, mejorando sus propiedades en algunos casos, en comparación con otras galletas bajas en grasas.
- **Ácidos grasos.** La industria ha centrado sus esfuerzos en el desarrollo de compuestos denominados análogos de los lípidos, dentro de este grupo se pueden encontrar algunas alternativas como son (Yáñez & Bioelley, (1999)): el *Salatrim* (que contienen 30-67 mol-% de ácidos grasos de cadena corta y entre (SCFA) y entre el 33-70 mol-% ácidos grasos de cadena larga (LCFA)) (FAO, 1997); la *Caprenina* (con dos unidades de ácidos grasos de cadena mediana, caprílico y cáprico, y uno de cadena muy larga, el ácido behénico (C22)) y la *Olestra* (mezcla de hexa-, hepta- y octaésteres de sacarosa, resultantes de la

esterificación del disacárido con ácidos grasos de cadena larga aislados de grasas y aceites comestibles provenientes de maíz, soya, palma, coco y algodón). Como ejemplo, comentar que Rudan *et al.*, (1998), estudiaron el efecto de la sustitución parcial o total de las grasas en la elaboración de queso mozzarella bajo en grasa por una mezcla de leche descremada y *Salatrim*, evidenciando que probablemente este compuesto, tan solo era el responsable de la pérdida de color en el producto final.

En cualquier caso, la industria también se mueve por intereses económicos y en este contexto, el aceite de girasol es uno de los más empleados por su precio. Por otra parte, en la naturaleza hay diversas semillas oleaginosas que no han sido masivamente explotadas para la obtención de su aceite. En esta situación, se encuentran las semillas de chía, que son ricas en proteínas, antioxidantes, propiedades medicinales y son empleadas en el tratamiento de enfermedades no infecciosas, como pueden ser: obesidad, diabetes, cáncer y enfermedades cardiovasculares (Marcinek & Krejpcio, *et al.*, 2017; Muñoz, *et al.*, 2013). De estas semillas, también se comercializa el aceite, aunque a pequeña escala. Si se pudiera comprobar que es factible su uso en determinadas matrices alimentarias, habría mucho interés en fomentar su producción. A continuación, se describen las características del aceite de girasol habitualmente empleado en bollería, así como las del aceite de chía, propuesto en este estudio como alternativa al mismo con el fin de resaltar las posibles ventajas que aportaría este último.

El aceite de girasol es usado debido al poco aporte de sabor sobre el producto final. Contiene un 12.3% de ácidos grasos saturados y 87.4% de ácidos grasos insaturados, de los cuales el 62.21% se corresponden con el ácido linoleico (Fundación Española de Nutrición, 2013). El ácido linoleico es un ácido graso esencial de la serie omega-6, que se caracteriza por tener dos dobles enlaces, situándose el primero de ellos en el carbono 6 de la cadena. A priori, podría considerarse un componente beneficioso en la dieta por pertenecer al grupo de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs). Sin embargo, Yam *et al.*, (1996) realizaron estudios sobre la dieta y la población de Israel donde el consumo de ácidos grasos omega-6 es un 8% más elevado que en la UE y se demostró que paradójicamente había una alta prevalencia de enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes mellitus no dependiente de la insulina y obesidad. Por otra parte, trabajos más recientes (Harris, *et al.*, 2006; Gómez-Candela, *et al.*, 2011) reivindican la necesidad de que se mantenga un equilibrio en la relación entre los ácidos grasos omega 6 y omega 3 (omega-6/omega-3) próxima a 1 para fomentar el beneficio de ambos. Actualmente, este cociente en muchos casos es superior a 20 generando un alto riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el sobrepeso y la obesidad (Simopoulos, 2016), pero incluso se ha relacionado con otras afecciones de la población infantil como podrían ser los trastornos del comportamiento. De hecho, en un estudio realizado por Johnson, *et al.*, (2017), se demostró que hubo cierta mejoría en el tratamiento suministrado a niños con déficit de atención, basándose éste en suplementos de ácidos grasos omega-6/omega-3. Dado que este segmento de la población consume muchos productos de bollería, como se ha visto anteriormente, mejorar el perfil nutricional de estos alimentos contribuiría a controlar todas las afecciones causadas por el consumo desequilibrado de estos ácidos grasos esenciales.

En comparación con el aceite de girasol, el aceite de chía contiene un porcentaje ligeramente superior de ácidos grasos insaturados (90%), de los cuales más del 60% se corresponden con el ácido linolénico. El ácido linolénico pertenece a la serie omega-3 y, se caracteriza por tener 3 dobles enlaces situándose el primero de ellos en el tercer carbono de la cadena (Herrera, *et al.*, 2006; Shahidi & Ambigaipalan, 2019). Los ácidos grasos omega-3 actúan sobre el sistema cardiovascular desarrollando un efecto protector frente a los riesgos que pueden afectar a este sistema (Piñeiro-Corrales *et al.*, 2013; Mozaffarian & Wu, 2011; Shahidi & Ambigaipalan, 2019) y, por lo tanto, sería una opción viable para mejorar el perfil nutricional de las magdalenas. En cualquier caso, es necesario corroborar que este aceite permite producir este tipo de productos manteniendo las propiedades adecuadas que supongan su aceptación por parte de los consumidores.

## **2 OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

### **2.1 OBJETIVOS**

#### **2.1.1 Objetivo general**

El objetivo de este trabajo fin de grado, es evaluar el efecto de sustitución total o parcial del aceite de girasol por aceite de chía en magdalenas. Desarrollando un producto con mejor valor nutricional y mejorando o igualando las propiedades sensoriales de las magdalenas elaboradas con aceite de girasol.

#### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Evaluación de las propiedades reológicas de las masas con diferentes grados de sustitución de aceite de girasol por aceite de chía y comparación de las mismas con la masa control.
- Determinación de la humedad de las distintas masas y de las magdalenas obtenidas, así como la actividad de agua del producto final.
- Estudio y comparación de las propiedades físicas (textura, altura y color) de las magdalenas con y sin sustitución de aceite.
- Análisis sensorial de la selección de magdalenas con aceite de chía y la control

### **2.2 PLAN DE TRABAJO**

Para comprobar los objetivos mencionados en el anterior apartado se ha elaborado el siguiente plan de trabajo:

- Búsqueda bibliográfica sobre la sustitución de grasas en bollería e influencia del perfil lipídico del aceite en los parámetros a analizar.
- Elaboración de las diferentes formulaciones planteadas.
- Determinaciones analíticas de los parámetros que se describen en el siguiente apartado y análisis sensorial de los productos finales.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ELABORACIÓN DE MAGDALENAS Y FORMULACIONES

En la preparación de las magdalenas se usaron los siguientes ingredientes adquiridos en distintos comercios de acceso público: Harina de trigo para repostería (21,7%), huevos (21,7%), azúcar (21,7%), aceite de girasol/aceite de chía (21,7%), leche entera (10,85%) y gasificante (bicarbonato sódico y ácidos tartárico y málico) (2,35%). En función del grado de sustitución del aceite de girasol, se trabajó con 5 formulaciones distintas que se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Nomenclatura de las distintas formulaciones de magdalenas estudiadas en función del aceite de chía utilizado durante su elaboración.

Formulación	(%) Aceite de girasol	(%) Aceite de chía
Control	100	0
25%	75	25
50%	50	50
75%	25	75
100%	0	100

Para la elaboración de la masa se utilizó la siguiente metodología:

1. Mezclado del huevo, azúcar y bicarbonato sódico durante 20 minutos en batidora (Kenwood, modelo KM240 serie, Reino Unido) a máxima potencia.
2. Adición y mezclado a mínima velocidad durante 10 minutos del aceite de girasol/aceite de chía, la leche, la harina y los ácidos tartárico y málico.
3. Reposo de la masa durante 20 minutos.
4. Llenado de las obleas de papel (60x35 mm) con una cantidad de masa de 65 g.
5. Horneado a 145 °C durante 25 minutos con 0% de humedad y velocidad media del ventilador en un horno Rational AGD-86899 Landsberg a.Lech, Germany.

#### 3.2 DETERMINACIONES ANÁLITICAS

##### 3.2.1 Propiedades reológicas de la masa

Para la determinación de los parámetros reológicos de las distintas formulaciones estudiadas se utilizó un reómetro (RheoStress 1, Haake) y los ensayos (oscilatorio y estacionario) se llevaron a cabo mediante un sistema de placa-placa con una separación de 1mm entre ambas.

En el estacionario se utilizó el modelo Ostwald de Waele o también denominado Ley de Potencia. Con este modelo, se puede obtener la viscosidad de la masa a partir de la pendiente de la recta obtenida con el reómetro, al ajustar los valores de viscosidad ( $\eta$ ) frente a los de  $\dot{\gamma}$ , con la ecuación:

$$\mu = K \cdot \dot{\gamma}^n \text{ (Ecuación 1)}$$

Dónde:

- $\mu$ : (Pa.s) viscosidad.
- $\gamma$ : ( $s^{-1}$ ) gradiente de velocidad.
- K: índice de consistencia.
- N: índice de comportamiento al flujo.

Además, el valor de n permite caracterizar el comportamiento de la masa, dependiendo si es menor que 1 (pseudoplástico) o mayor que 1 (dilatante).

En el ensayo oscilatorio, se utilizó el modelo de Power Law, a través del cual, se obtuvieron los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) y de pérdidas ( $G''$ ), con los que se caracterizó reológicamente la masa y se determinó el comportamiento viscoso o elástico de la misma, en la región viscoelástica lineal.

Las ecuaciones utilizadas para obtener cada uno de los módulos fueron:

$$G' = a \cdot \omega^b \text{ (Ecuación 2)}$$

Dónde:

- a (Pa): módulo de almacenamiento a baja frecuencia.
- $\omega$  ( $rad \cdot s^{-1}$ ): velocidad angular.
- b: índice de la ley de potencia para el módulo de pérdidas.

$$G'' = c \cdot \omega^d \text{ (Ecuación 3)}$$

Dónde:

- c (Pa) Módulo de pérdida a baja frecuencia.
- $\omega$  ( $rad \cdot s^{-1}$ ) Velocidad angular.
- d Índice de la ley de potencia para el módulo de pérdidas.

Una vez obtenidos los valores y comparándolos entre ambos, se puede determinar el comportamiento del fluido, de manera que:

- Si  $G' > G''$  la masa tendría un comportamiento semisólido.
- Si  $G' = G''$  se trataría de una disolución concentrada.
- Si  $G' < G''$  la masa se comportaría como una disolución diluida.

### 3.2.2 Cinética del horneado

Para analizar el progreso de crecimiento de la masa durante el horneado, se utilizaron dos vasos de precipitados PYREX resistentes al calor, graduados manualmente, donde se dibujó una escala en cm a lo largo de la altura de cada uno de ellos. Para tomar las medidas, se depositaron 25 g de masa en cada uno de los recipientes y se anotó la evolución de la altura cada 2 minutos.



### **3.2.3 Humedad**

Para determinar la cantidad de agua que contenía el producto horneado, se utilizó el método gravimétrico AOAC 2000 en 3 muestras distintas para cada formulación.

### **3.2.4 Actividad de agua ( $a_w$ )**

El  $a_w$  de las magdalenas se midió con un higrómetro de punto de rocío AquaLab (Decagon Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA) a 25°C. Para realizar el muestreo se extrajeron 3 porciones de la magdalena de distintos puntos (interior y exterior) y se hizo una medición de cada una de ellas.

### **3.2.5 Propiedades ópticas de la magdalena**

Se tomaron medidas tanto de la superficie como del interior del producto horneado. Para ello, se utilizó un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM - 3600d, Tokio, Japón). Los resultados se expresaron en base al sistema de referencia CIE  $L^*a^*b^*$  con el iluminante D65 y un ángulo de visión de 10°. Se determinaron la luminosidad  $L^*$ , la coordenada  $a^*$  (valores +: rojo y valores -: verde) y la coordenada  $b^*$  (valores +: amarillo y valores -: azul).

### **3.2.6 Propiedades mecánicas**

Para obtener los parámetros de textura se cortó la parte superior de la magdalena, de forma que quedaron ambas superficies uniformemente planas. A continuación, con un sacabocados de 3 cm de diámetro se extrajo el corazón de la magdalena, obteniendo así un cilindro que se utilizó para la medida de los parámetros mecánicos.

Las mediciones se llevaron a cabo con una prensa universal (Analizador de textura TA.XT.plus, Microsystems estable, Godalming, Reino Unido) realizando un estudio de doble compresión TPA (Texture Profile Analysis). Se utilizó una sonda circular con 40mm de diámetro.

Las condiciones establecidas en el programa fueron las siguientes:

- Deformación del 50%.
- Velocidad de avance de la sonda de 1 mm/s.
- Intervalo de 30 s entre compresiones.

Se hicieron cinco repeticiones para cada formulación y los parámetros obtenidos con el equipo fueron: dureza y elasticidad.

### **3.2.7 Análisis sensorial**

Para llevar a cabo el análisis de aceptación de las magdalenas con sustitución de aceite chía por parte de los consumidores, en comparación con las tradicionales (con aceite de girasol) se realizó una cata a la que asistieron un total de 30 personas con edades comprendidas entre los 18 y 65 años. El análisis se realizó en la sala de catas del Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo que cumple la normativa ISO 8589:2007.

Se presentaron tres muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Los parámetros valorados fueron: aspecto, color externo e interno, esponjosidad, aroma, dulzor, textura, sabor, retrogusto y probabilidad de compra en caso de que el precio del producto fuera el indicado. Las valoraciones se analizaron bajo dos escalas:

- Escala hedónica (ISO 4121:2003 y UNE-87025:1996), en la que se puntuaba cada una de las muestras presentadas sobre una escala del 1 al 9, donde 1 se correspondía con “me disgusta mucho” y 9 con “me gusta mucho”.
- Just about right (JAR), en la que se valoraba si el producto tendría que tener más, menos o igual intensidad del atributo considerado.
- Estudio de penalizaciones en el que se combinó la información obtenida en la aceptación global con los resultados del JAR para conocer los atributos que condicionaron dicha aceptación y en qué sentido habría que mejorarlos.

### **3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

La influencia del nivel de reemplazo del aceite de girasol por aceite de chía sobre los diferentes parámetros analizados se analizó estadísticamente mediante un ANOVA simple utilizando el programa Statgraphics Centurión versión XVI.I (2013).

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LA MASA**

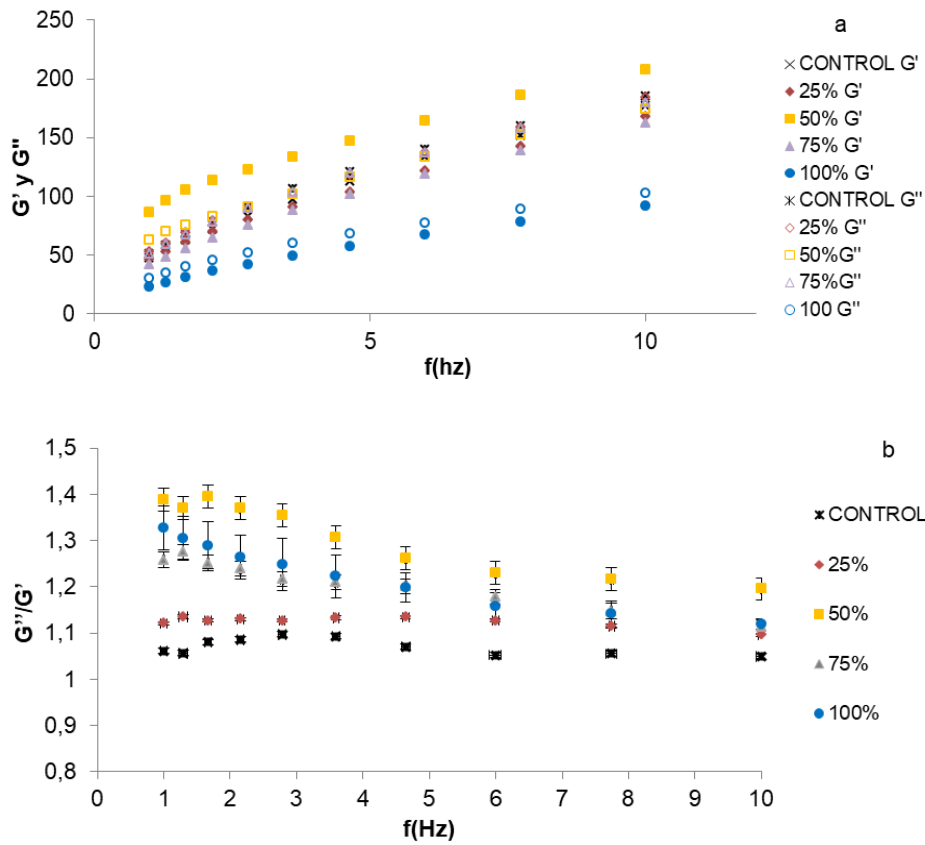
En la Tabla 3.1 se presentan los parámetros del modelo de Ostwald de Waele (Ley de Potencia) para las diferentes masas de magdalenas formuladas con diferentes porcentajes de aceite de chía obtenidos del ensayo estacionario. Como puede observarse, los valores del índice de comportamiento al flujo ( $n$ ) fueron en todos los casos inferiores a 1, lo que pone de manifiesto que las masas siguen un comportamiento pseudoplástico, como es habitual en las masas batidas (Baixauli *et al.*, 2006). La incorporación de aceite de chía supuso un aumento significativo en este parámetro, especialmente cuando el reemplazo del aceite de girasol fue total. En este sentido, el aceite de chía aportaría un carácter más cercano a un comportamiento newtoniano que el aceite de girasol. Respecto a los valores de consistencia y viscosidad aparente, en ambos casos el aceite de chía disminuyó los dos parámetros, haciendo la masa más fluida, especialmente cuando el reemplazo de aceite de girasol fue total. Si la viscosidad es demasiado baja, las burbujas de aire atrapadas en la masa suben a la superficie y se pierden durante el horneado. Esta disminución de la viscosidad estaría relacionada con el alto porcentaje de ácidos grasos insaturados del aceite de chía (Devi & Khatkar, 2016). Por otra parte, una viscosidad muy alta puede retener las burbujas en la masa aumentando el volumen final del producto horneado. El efecto del reemplazo de grasas saturadas (margarina) por aceite de oliva virgen extra fue estudiado en la elaboración de pasteles de Madeira (Matsakidou *et al.*, 2010). Estos autores observaron un aumento en la densidad de la masa con mayor contenido en aceite de oliva virgen extra, evidenciando que la retención de aire era menor en estos casos.

**Tabla 3.1.** Consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n) de la ley de Potencia para las diferentes masas de magdalenas estudiadas. Viscosidad aparente ( $\eta$ ) para una velocidad angular ( $\dot{\gamma}$ ) de  $50 \text{ s}^{-1}$ . Letras iguales indican que no existe diferencia significativa para un nivel del (95%).

<b>Modelo de Ostwald de Waele</b>			
	K	n	$\eta$ (Pa.s) ( $\dot{\gamma}=50 \text{ s}^{-1}$ )
<b>Control</b>	14,98±0,13 <sup>e</sup>	0,627±0,004 <sup>a</sup>	4,2±0,6 <sup>d</sup>
<b>25%</b>	13,39±0,46 <sup>d</sup>	0,675±0,003 <sup>c</sup>	3,76±0,09 <sup>d</sup>
<b>50%</b>	12,52±0,08 <sup>c</sup>	0,634±0,006 <sup>b</sup>	2,99±0,08 <sup>b</sup>
<b>75%</b>	11,2±0,7 <sup>b</sup>	0,6836±0,0016 <sup>d</sup>	3,25±0,19 <sup>bc</sup>
<b>100%</b>	4,34±0,25 <sup>a</sup>	0,717±0,009 <sup>e</sup>	1,43±0,08 <sup>a</sup>

Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos del ANOVA con un % de confianza del 95%

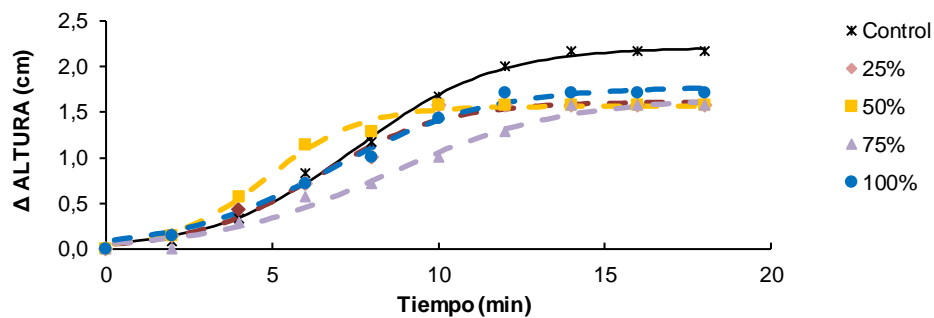
En cuanto a los resultados obtenidos del ensayo oscilatorio, en la Figura 3.1 se presenta la evolución del módulo de almacenamiento o elástico ( $G'$ ) y del módulo de pérdidas o viscoso ( $G''$ ) así como el factor de pérdidas, evidenciando que el aceite de chía hace la masa más viscosa que elástica y, por tanto, no favorece la emulsión de la masa. Este comportamiento estaría relacionado con la función del aceite durante el batido o fase de cremado de las masas. Concretamente, este componente forma una matriz lipoproteica que atrapa las burbujas de aire en su interior y mantiene la estructura del producto durante el horneado, ya que los glóbulos de aceite se localizan en la interfase matriz-aire, estabilizando la misma (García *et al.*, 2013). El aumento en el valor de la tangente ( $G''/G'$ ) conforme se aumenta el porcentaje de aceite de chía indica que el diferente perfil de ácidos grasos de éste en comparación al de girasol, disminuye la lubricación y reduce la retención de aire en la masa, condicionando la subida de la masa durante el horneado. Los aceites están compuestos por triglicéridos y cada uno de ellos posee unas estructuras físicas y químicas diferentes, dependiendo de la posición de la glicerina, el contenido en enlaces cis- o trans- etc. La composición de estos ácidos grasos marcará la capacidad emulsificante del aceite en la masa (Mizukoshi, 1985). Como ya se ha comentado anteriormente el nivel de saturación de los ácidos grasos en el triacilglicerol desempeña un papel importante en el comportamiento reológico de las masas. La incorporación de aire se ve influida por el punto de fusión de los ácidos grasos que a la vez depende de las estructuras de éstos. El orden del punto de fusión es el siguiente: ácidos grasos saturados > ácidos grasos trans > ácidos grasos cis (Devi & Khatkar, 2016). El contenido de ácidos grasos linolénicos del aceite de chía es mayor que el del aceite de girasol y por lo tanto también el número de dobles enlaces. Por esta razón, disminuiría su capacidad de incorporación de aire en la masa, disminuyendo su viscosidad.



**Figura 3.1.** Módulo de almacenamiento ( $G'$ ) y módulo de pérdidas ( $G''$ ) (a) y tangente  $G''/G'$  (b) de las masas batidas en función del porcentaje de aceite de chía utilizado.

## 4.2 CINÉTICA CRECIMIENTO DE LA MASA DURANTE EL HORNEADO

En la Figura 3.2 se presenta la velocidad de crecimiento de la masa durante la fase de horneado.



**Figura 3.2.** Diferencia de altura entre las diferentes formulaciones con aceite de chía y la muestra control durante el horneado.

Puesto que en todos los casos las curvas siguieron un comportamiento sigmoide, los resultados experimentales se ajustaron al modelo de Gompertz modificado (ecuación

4). Otros estudios de crecimiento de masas durante el horneado también se ajustaron a este modelo (López, 2017; Carreño, 2017):

$$\Delta A = \frac{\Delta A_{\text{máx}}}{(1+e^{-\beta(t-t_c)})} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

- $\Delta A$  es el incremento de altura respecto a la altura inicial de la masa (centímetros)
- $\beta$  es el valor de la pendiente que cuantifica la intensidad del cambio (minutos<sup>-1</sup>).
- $t$  es el tiempo (minutos)
- $t_c$  es el valor del tiempo (minutos), en el punto de inflexión

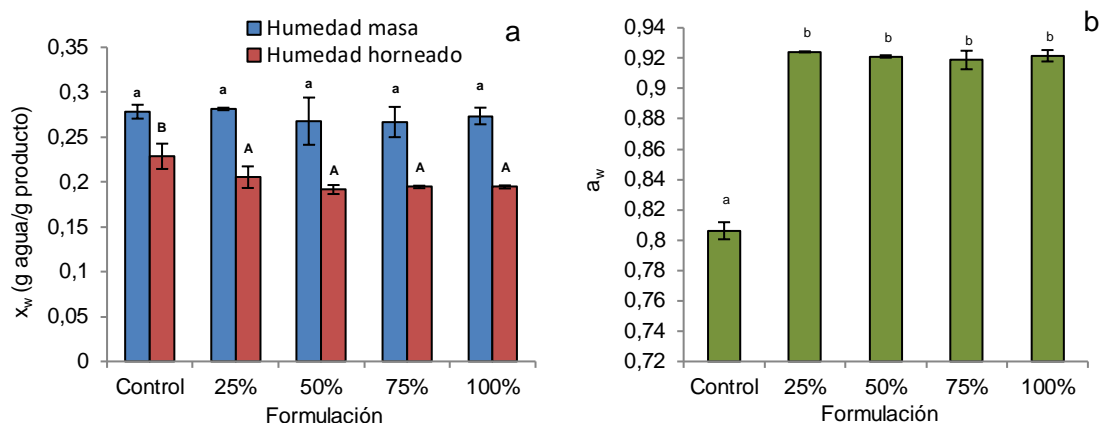
En la Tabla 3.2 se muestran los valores de los parámetros del modelo de Gompertz modificado. Los resultados indican que la variación de altura máxima ( $\Delta A_{\text{máx}}$ ) en la masa control, fue mayor que en el resto de casos, sin observarse diferencias en función de los diferentes porcentajes de aceite de chía utilizado. Estos resultados son coherentes con los obtenidos en las propiedades reológicas, por el mayor carácter viscoso aportado por el aceite de chía, que al retener menos aire, limita la altura del producto. Por otra parte, la pendiente ( $\beta$ ) fue un poco más acentuada cuando el nivel de reemplazo fue del 50%. Además, el tiempo correspondiente al punto de inflexión, que indica el momento en el que la masa comienza a crecer de una forma más drástica, osciló entre los 6 y 8 minutos en todos los casos, excepto en la masa con 50% de aceite de chía, que fue de 4 minutos, aproximadamente. En este sentido, un nivel de reemplazo del 50% parece acelerar el crecimiento de la masa durante el horneado, pero sin llegar nunca alcanzar la altura de la masa formulada con aceite de girasol. No obstante, el buen ajuste obtenido para todos los casos podría permitir establecer los tiempos de horneados necesarios para que se alcanzara la altura máxima (tiempos menores que en la magdalena control), aunque habría que comprobar que el producto está bien cocido para evitar la bajada de la magdalena una vez extraído del horno. En definitiva, llegar a un proceso óptimo que permita alcanzar la altura máxima con el menor coste energético de elaboración.

**Tabla 3.2.** Parámetros del modelo de Gompertz ( $\beta$ : valor de la pendiente que cuantifica la intensidad del cambio,  $\Delta A_{\text{máx}}$ : Diferencia de altura máxima y  $t_c$ : el tiempo del punto de inflexión de la curva) de la etapa de horneado para las diferentes formulaciones estudiadas.

	$\beta$ (min <sup>-1</sup> )	$\Delta A_{\text{máx}}$ (cm)	$t_c$ (min)	R <sup>2</sup>
<b>Control</b>	0,48 ± 0,04	2,21 ± 0,04	7,52 ± 0,19	99,59
<b>25%</b>	0,54 ± 0,08	1,61 ± 0,05	6,4 ± 0,3	98,49
<b>50%</b>	0,71 ± 0,08	1,56 ± 0,03	4,84 ± 0,18	99,25
<b>75%</b>	0,39 ± 0,05	1,65 ± 0,08	8,5 ± 0,5	98,63
<b>100%</b>	0,43 ± 0,06	1,77 ± 0,07	6,8 ± 0,4	98,42

### 4.3 ACTIVIDAD DE AGUA Y HUMEDAD DEL PRODUCTO HORNEADO

En la Figura 3.3 se pueden observar los valores de humedad tanto de las masas como de las magdalenas, así como los valores de actividad de agua ( $a_w$ ) de las diferentes formulaciones del producto horneado.



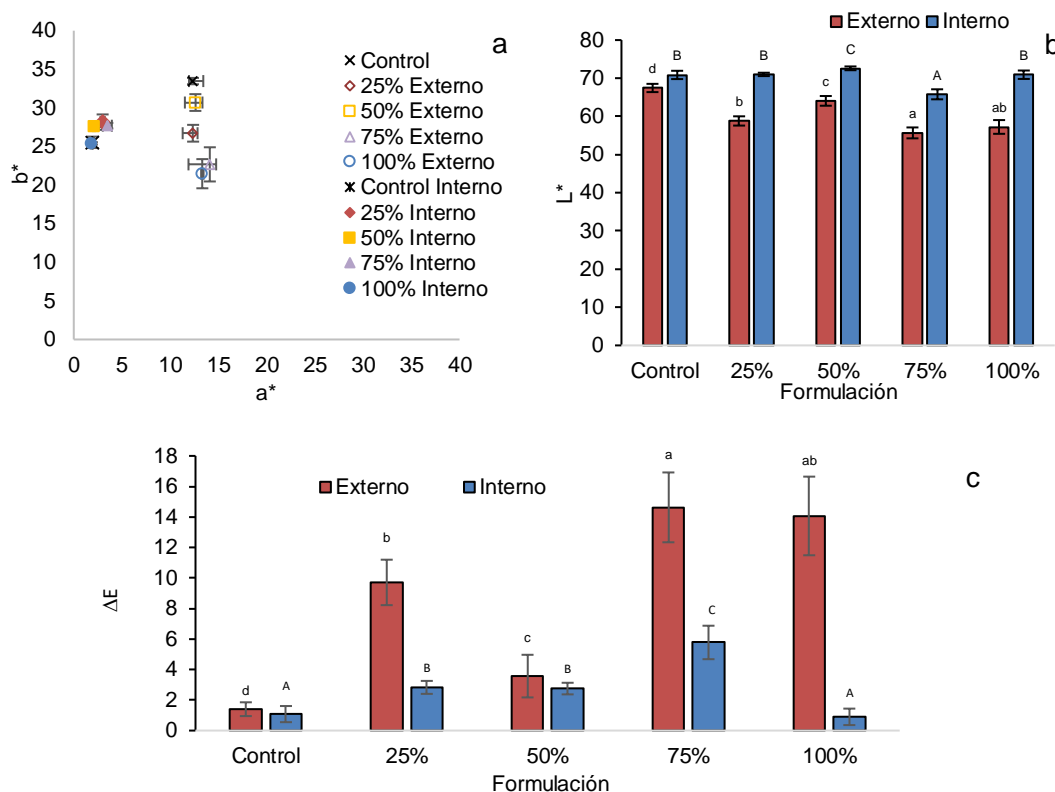
**Figura 3.3.** Humedad de la masa y del producto final (a) y actividad de agua de la magdalena (b). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos del ANOVA con un % de confianza del 95%

Como cabría esperar, teniendo en cuenta que en todas las formulaciones se utilizó la misma cantidad de leche y huevos, la humedad de la masa fue similar en todos los casos. Sin embargo, durante el horneado, las formulaciones con aceite de chía perdieron significativamente más agua. Este comportamiento sería consecuencia del diferente efecto plastificante de las grasas del aceite de chía en la masa respecto al de girasol dando lugar a una menor incorporación de aire durante la fase de batido y favoreciendo la salida de agua. En este sentido, Sumnu & Sahim, 2008 describen que la principal función de las grasas en la elaboración de bizcochos es atrapar el aire en la masa durante el batido. La mayor parte de cristales de grasa permanece en la fase acuosa. Cuando el aire empieza a expandirse, los cristales de grasa localizados en la interfase aire-agua funden y en consecuencia se libera el aire y agua.

Por otra parte, la adición de aceite de chía aumentó significativamente la actividad de agua del producto horneado, independientemente de la concentración utilizada, indicando que, aun teniendo menos cantidad de agua, ésta se encuentra más libre, lo que podría comprometer la estabilidad microbiana fundamentalmente en términos de crecimiento bacteriano. Dichos valores oscilan en torno a 0,92, dos centésimas por encima del límite inferior al cual crecen la mayoría de bacterias. Además, estos resultados también son superiores a los límites inferiores establecidos para el crecimiento de la mayoría de hongos y levaduras (0,80 y 0,87 respectivamente) (Martínez-Navarrete *et al.*, 1998). En este sentido, las magdalenas con aceite chía podrían ver más comprometida su vida útil que las preparadas con aceite de girasol.

## 4.4 PROPIEDADES ÓPTICAS

En la Figura 3.4 se muestra la ubicación en el plano cromático ( $b^*$ - $a^*$ ) del color externo e interno y del exterior de las magdalenas formuladas con diferentes porcentajes de aceite de chía. Además, la figura incluye los valores de luminosidad y de diferencia de color respecto a la muestra control.



**Figura 3.4.** Plano cromático  $b^*$  -  $a^*$  de la parte interna y externa de la magdalena (a). Luminosidad del interior y exterior del producto horneado (b). Diferencias de color con respecto a la muestra control de la parte interna y externa (c). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos del ANOVA con un % de confianza del 95%. Letras minúsculas se asocian con la parte externa y las mayúsculas con la parte interna.

Como puede observarse, las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  de la parte interna de la magdalena mostraron valores similares a los de la magdalena control. Sin embargo, en la superficie se observó un descenso de la coordenada  $b^*$  debido a la sustitución del aceite de girasol por el de chía, indicando una tendencia hacia colores más marrones, sin cambios en los valores de la coordenada  $a^*$ . En los casos en los que se utilizó el mayor porcentaje de aceite de chía, el descenso de la coordenada  $b^*$  fue mucho más acusado. Como consecuencia, el croma y el tono de las magdalenas reformuladas fue menor que en el control. Por otra parte, también se observó un descenso en la luminosidad de la superficie de las magdalenas, especialmente cuando el porcentaje de sustitución fue más alto. Por tanto, las diferencias de color fueron más elevadas en la parte superficial de la magdalena para reemplazos de aceite de girasol por el de chía del 75 y del 100%. En este sentido, el aceite de chía potenciaría las reacciones de Maillard. Estudios previos realizados con extractos de aceite de oliva virgen en sistemas modelo de patata y en patatas frescas mostraron también un aumento en los niveles de acrilamida, mientras que cuando se utilizaron compuestos fenólicos

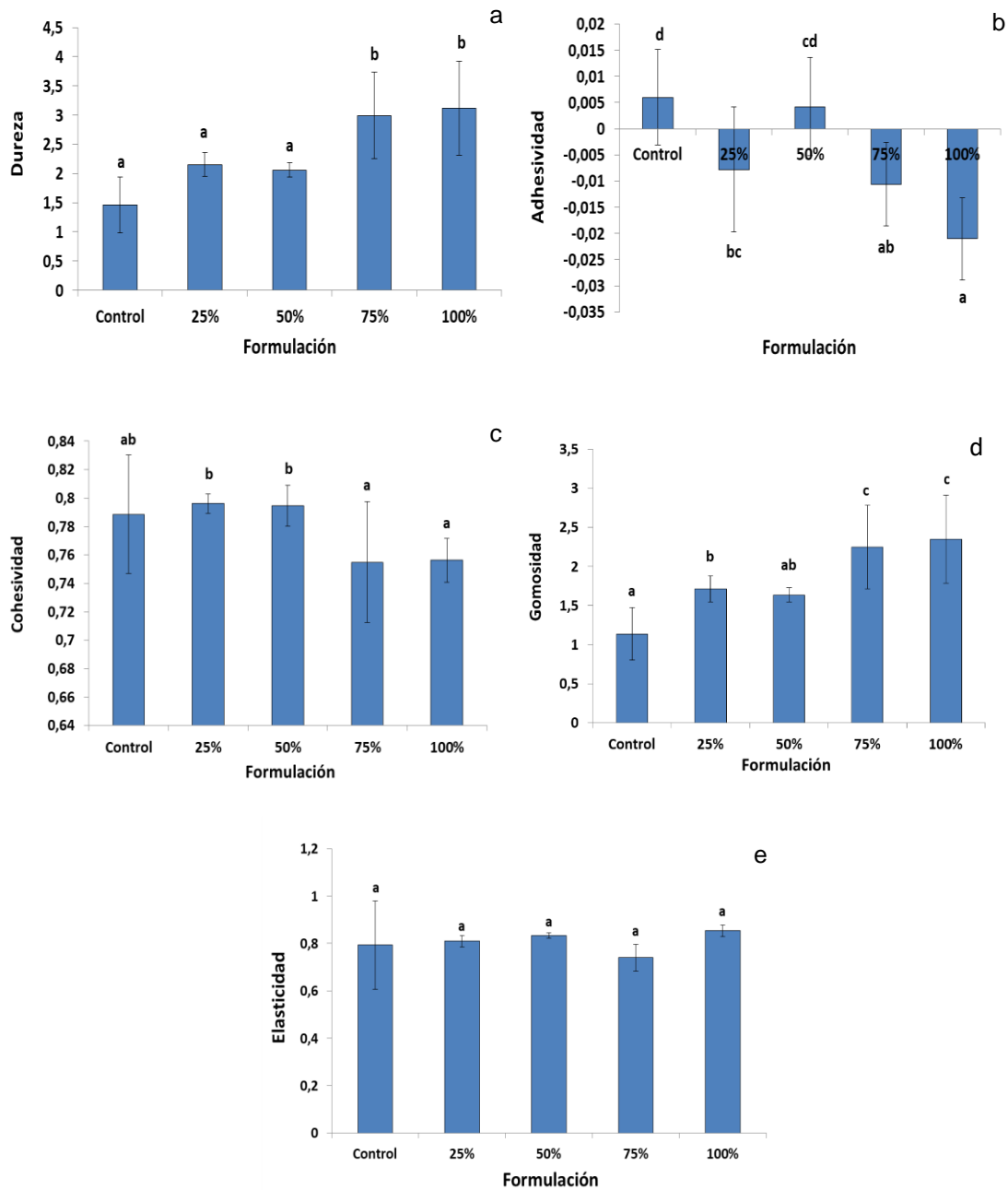
procedentes de este aceite se redujo la formación de este compuesto (Kotsiou *et al.*, 2010). En cualquier caso, la gran diversidad de antioxidantes con diferentes estructuras y propiedades y la complejidad en las reacciones relacionadas con la formación de acrilamida, hace que en unos casos se favorezca su formación mientras que otros actúen de inhibidores (Jin *et al.*, 2013). De acuerdo con los estudios realizados por Capuano *et al.*, (2009), los productos que contienen grasas saturadas tienen una menor predisposición a la termooxidación y, por tanto, a la formación de acrilamida. Concretamente, estos autores observaron que se formaba más acrilamida en sistemas modelos compuestos por aceite de girasol que cuando contenían aceite de palma. En nuestro caso, la mayor insaturación de ácidos grasos del aceite de chía podría favorecer la formación de acrilamida.

## **4.5 PROPIEDADES MECÁNICAS**

### **4.5.1 Textura del producto**

En la Figura 3.5 se presentan los resultados de los parámetros de textura del producto: dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad. Como puede observarse, a mayores niveles de reemplazo de aceite de girasol por el de chía (formulaciones superiores al 50%), la fuerza máxima, la gomosidad y la adhesividad fueron significativamente mayores, mientras que la cohesividad disminuyó. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en la elasticidad de las magdalenas estudiadas. Este comportamiento estaría relacionado con las propiedades reológicas comentadas anteriormente, donde se vio que las masas con mayor contenido en aceite de chía tenían menos capacidad de retener aire. Esta estructura menos porosa y firme hace que durante el horneado no queden tantos espacios ocupados por aire y, por tanto, el producto es más duro, más gomoso y con menor cohesividad (Sumnu & Sahim, 1999). Según los ensayos realizados por Matsakidou *et al.*, (2010), que elaboraron pasteles de Madeira con diferentes composiciones de aceite de oliva virgen extra y margarina, también se observó que los que contenían aceite de oliva crecieron menos, dando como resultado un producto más duro y con mayor cohesividad.



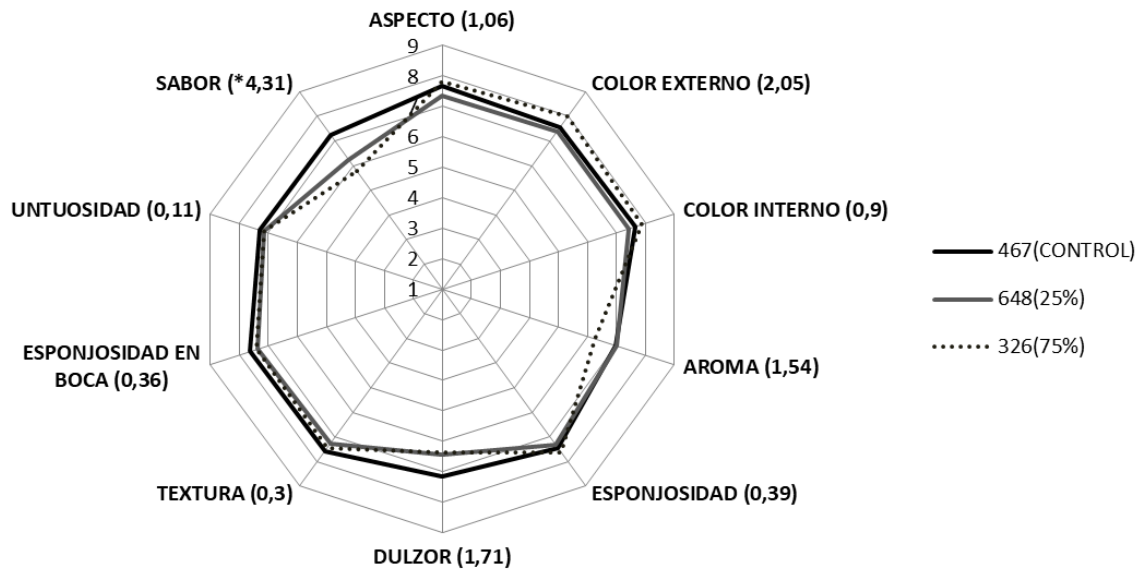


**Figura 3.5.** Valores de dureza (a), adhesividad (b), cohesividad (c), gomosidad (d) y elasticidad (e) de las magdalenas con diferentes formulaciones. Letras iguales indican grupos homogéneos para un nivel de significancia del 95%.

## 4.6 ANÁLISIS SENSORIAL

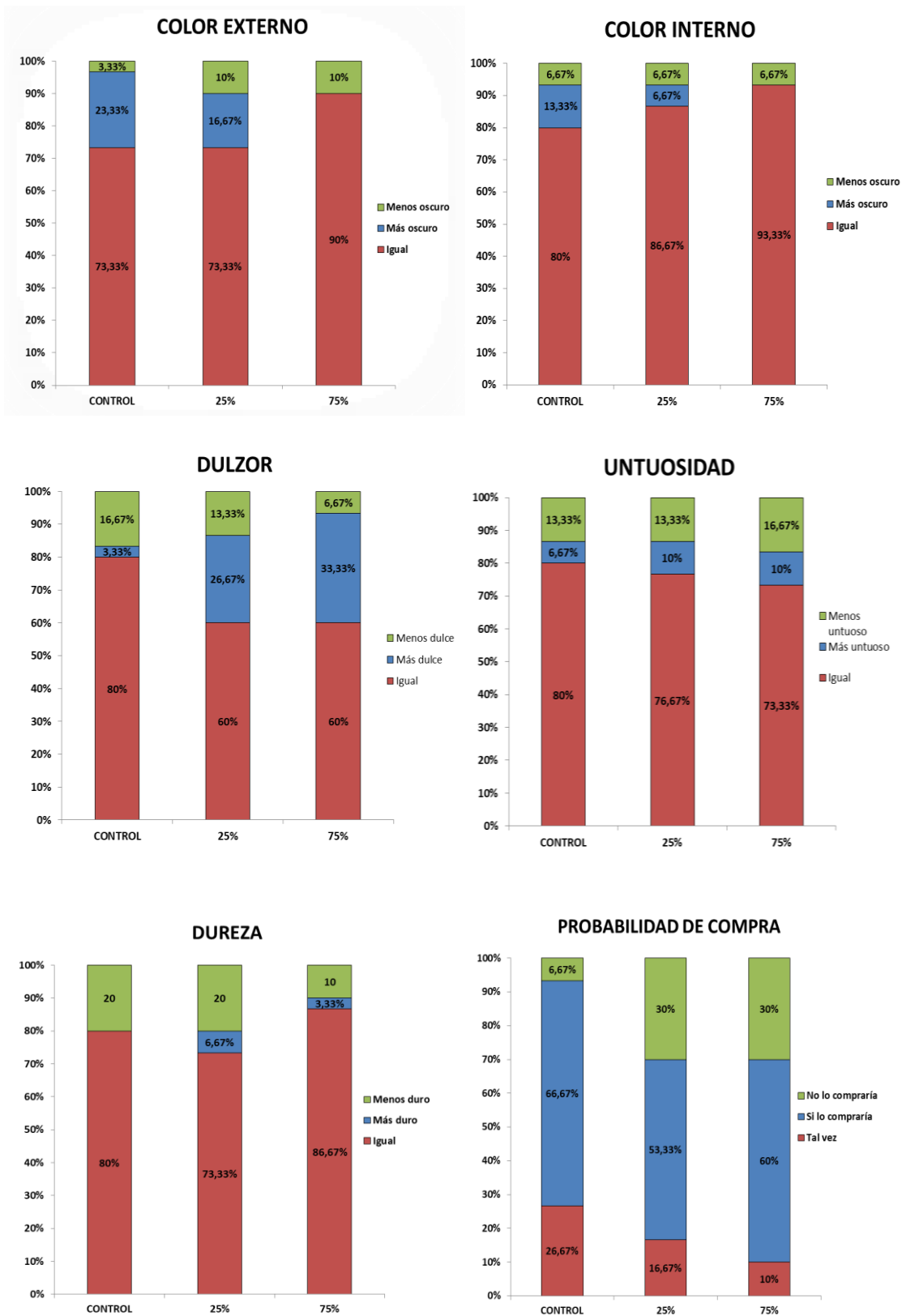
En la siguiente figura se presentan los resultados obtenidos en el análisis sensorial de las magdalenas donde se valoraban en una escala hedónica de 1 a 9 los diferentes atributos mostrados (Figura 3.6). El análisis se llevó a cabo por comparación, entre la muestra control y las muestras con el 25% y 75% de sustitución del aceite. De acuerdo a estos resultados, parece que la mayor intensidad de color de las magdalenas con 75% de aceite de chía fue bien valorado por los catadores, especialmente en el caso del color externo. Sin embargo, el atributo sabor fue significativamente peor valorado en las magdalenas con aceite de chía, posiblemente por su influencia en el aporte de

dulzor que parece causar la incorporación de este aceite. Cabe señalar que las diferencias encontradas en las propiedades mecánicas medidas instrumentalmente no fueron detectadas por el panel. En general, todos los parámetros valorados en las tres muestras fueron altos.



**Figura 3.6.** Puntuaciones de los parámetros valorados en la escala hedónica para cada una de las muestras. \*Atributos con diferencias significativas para un nivel de confianza del 95%.

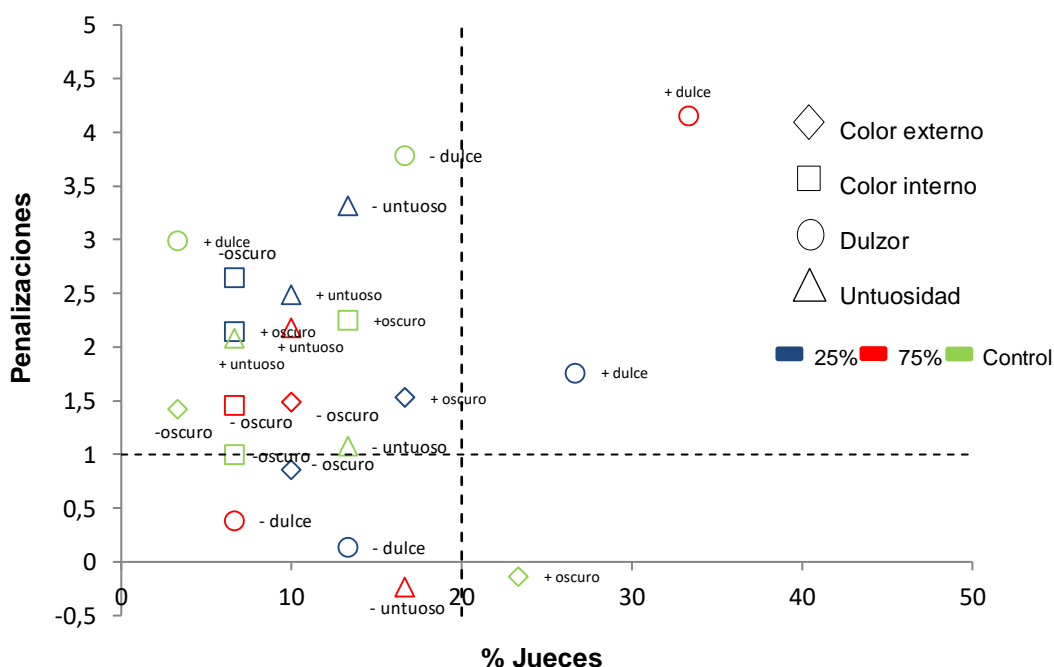
En la Figura 3.7 se muestran las preferencias de los jueces por aumentar, disminuir o dejar tal cual está la intensidad de cada uno de los atributos valorados (Just About Right: JAR) así como la probabilidad de compra.



**Figura 3.7.** Gráficos obtenidos en la valoración de la intensidad de las características planteadas en la hoja de cata.

Las muestras con el 25% y 75% de sustitución fueron más oscuras y duras que la muestra control, como se observó el apartado de medición de color instrumental. Sin embargo, este hecho supuso una aceptación mayor por parte de los catadores que prefirieron las muestras con una tonalidad más oscura y con mayor resistencia durante la mordida. No obstante, la mayor probabilidad de compra se registró en la muestra control, por la incidencia del aceite de chía sobre el sabor de la magdalena.

En la Figura 3.8 se presenta el gráfico de penalizaciones donde se muestran cuáles de los atributos valorados influyeron realmente en la aceptación global y cómo deberían variar su intensidad según el gusto de los catadores. Como ya se ha visto en las gráficas anteriores, el dulzor se percibió como demasiado bajo en magdalenas con chía y en consecuencia, en la Figura 3.8 es el único atributo que estaría condicionando la aceptación global por suponer que un porcentaje mayor al 20% de los jueces lo penalizaron con un valor superior a la unidad. Esta penalización fue superior cuanto mayor fue el grado de sustitución del aceite de girasol por aceite de chía.



**Figura 3.8.** Gráfico de penalizaciones obtenido a través de la diferencia de medias de las calificaciones sobre los diferentes parámetros valorados frente al porcentaje de jueces que les gustaría aumentar o disminuir dicho parámetro.

## 5 CONCLUSIONES

- La sustitución de aceite de aceite de chía por aceite de girasol en la elaboración de masa para magdalenas, afectó en la retención y estabilidad de aire en la masa final y como consecuencia se obtuvieron masas con menor viscosidad y con comportamiento más viscoso que elástico.
- El aceite de chía dio lugar a magdalenas con menor esponjosidad, altura y humedad, aunque su actividad de agua fue superior, lo que podría condicionar su vida útil.
- El color interno no se modificó por la incorporación del aceite de chía, pero en el externo se potenciaron las reacciones de Maillard conforme aumentó su concentración, debido al mayor grado de insaturación del perfil de sus ácidos grasos que serían más susceptibles a la termooxidación.
- Los catadores valoraron positivamente el aumento en la intensidad del color de las magdalenas con chía. Sin embargo, sería necesario aumentar el nivel de dulzor de éstas para mejorar su sabor.

En resumen, sería posible realizar una sustitución parcial del aceite de girasol por aceite de chía en la elaboración de magdalenas más saludables, pero buscando estrategias que traten de controlar su vida útil e incorporar edulcorantes intensivos para mejorar la percepción del dulzor.

## 6 BIBLIOGRAFIA

Aceite de girasol-Fundación Español de nutrición, (2013). Recurso online: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/aceitegirasol.pdf>. Fecha de consulta: Febrero 2019.

Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S. M. (2008). Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 502-50.

Ballesteros-Vásquez, M. N., Valenzuela-Calvillo, L. S., Artalejo-Ochoa, E., & Robles-Sardin, A. E. (2012). Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 54-64.

Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Serpen, A., Açar, Ö. Ç., Gökmen, V., & Fogliano, V. (2009). Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during toasting of bread crisp model systems and mitigation strategies. *Food Research International*, 42(9), 1295-1302.

Carreño Rico, M. (2017). Sustitución de harina de trigo refinada por harinas más nutritivas y libres de gluten en magdalenas. Trabajo Fin de Máster. UPV. Recurso online: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89419/CARRE%C3%91O%20>

%20SUSTITUCION%20DE%20HARINA%20DE%20TRIGO%20REFINADA%20POR%20HARINAS%20M%C3%81S%20NUTRITIVAS%20Y%20LIBRES%20DE%20GLUTEN%20E...pdf?sequence=1. Fecha de consulta: Marzo 2019.

Conforti, F. D., Charles, S. A., & Duncan, S. E. (1996). Sensory evaluation and consumer acceptance of carbohydrate-based fat replacers in biscuits. *Journal of Consumer Studies & Home Economics*, 20(3), 285-296.

Croissant, M., & Croissant, M. Mejora del perfil nutricional de productos de bollería: composición nutricional y aceptabilidad.

Devi, A., & Khatkar, B. S. (2016). Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review. *Journal of food science and technology*, 53(10), 3633-3641.

FAO, 1997. Salatrim. Recurso online: <http://www.fao.org/3/w6355e/w6355e0w.htm>. Fecha de consulta: Febrero de 2019.

Fernández, L. C., Serra, J. D., Álvarez, J. M., Alberich, R. S., & Jiménez, F. P. (2011). Grasas de la dieta y salud cardiovascular. *Clínica e investigación en arteriosclerosis*, 23, 1-36.

Gómez-Candela, C., Bermejo López, L. M., & Loria-Kohen, V. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. *Nutritional recommendations*. *Nutricion hospitalaria*.

Griguelmo-Miguel, N., Carreras-Boladeras, E., & Martín-Belloso, O. (2001). Influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced-fat muffins. *Food science and technology international*, 7(5), 425-431.

Harris, W. S., Assaad, B., & Poston, W. C. (2006). Tissue omega-6/omega-3 fatty acid ratio and risk for coronary artery disease. *The American journal of cardiology*, 98(4), 19-26.

Herrera, M. C., Vega, S., Tolentino, R. G., Fernández, B. G., & González, G. D. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud. *Revista de Educación Bioquímica*, 25(3), 72-79.

Johnson, M., Fransson, G., Östlund, S., Areskoug, B., & Gillberg, C. (2017). Omega 3/6 fatty acids for reading in children: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial in 9-year-old mainstream schoolchildren in Sweden. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(1), 83-93.

Jin, C., Wu, X., & Zhang, Y. (2013). Relationship between antioxidants and acrylamide formation: A review. *Food Research International*, 51(2), 611-620.

Kearney, J. (2010). Food consumption trends and drivers. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 2793-2807.

Kotsiou, K., Tasioula-Margari, M., Kukurová, K., & Ciesarová, Z. (2010). Impact of oregano and virgin olive oil phenolic compounds on acrylamide content in a model system and fresh potatoes. *Food chemistry*, 123(4), 1149-1155.

López Yubero, J.M. (2017). Sustitución de proteína de huevo por proteína de chía en magdalenas. Trabajo Fin de Máster. UPV. Recurso online: <https://riunet.upv.es/handle/10251/89720>. Fecha de consulta: Marzo de 2019.

MAPAMA. (2017). Informe de consume de alimentación España 2017. Recurso online: [https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeconsumoalimentacionenespana2017\\_prefinal\\_tcm30-456186.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeconsumoalimentacionenespana2017_prefinal_tcm30-456186.pdf). Fecha de consulta: Febrero 2019.

Marcinek, K., & Krejpcio, Z. (2017). Chia seeds (*Salvia hispanica*): health promoting properties and therapeutic applications-a review. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 68(2).

Martínez Navarrete, N. (1998). *Termodinámica y cinética de sistemas alimento entorno*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Mizukoshi, M. (1985). Model Studies of Cake Baking. VI. Effects of Cake Ingredients. *Cereal Chem*, 62(4), 247-251.

Mozaffarian, D., & Wu, J. H. (2011). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways, and clinical events. *Journal of the American College of Cardiology*, 58(20), 2047-2067.

Munárriz, L. Á., & De Luis, A. Á. (2009). Lifestyles and food consumption. *Gazeta de Antropología*, 25(1).

Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2013). Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. *Food reviews internacional*, 29(4), 394-408.

OMS, (2016). Las 10 principales causas de defunción. Recurso online: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. Fecha de consulta: Febrero 2019.

Piñeiro-Corrales, G., Lago Rivero, N., & Culebras-Fernández, J. M. (2013). Papel de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 1-5.

Rodríguez-García, J., Laguna, L., Puig, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2013). Effect of fat replacement by inulin on textural and structural properties of short dough biscuits. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2739-2750.

Rudan, M. A., Barbano, D. M., & Kindstedt, P. S. (1998). Effect of fat replacer (Salatrim®) on chemical composition, proteolysis, functionality, appearance, and yield of reduced fat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2077-2088.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2019). Omega-3 Fatty Acids.

Simopoulos, A. (2016). An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*, 8(3), 128.

Sudha, M. L., Srivastava, A. K., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. (2007). Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of food engineering*, 80(3), 922-930.

Sumnu, S. G., & Sahin, S. (2008). *Food engineering aspects of baking sweet goods*. CRC Press.

Yam, D., Eliraz, A., & Berry, E. M. (1996). Diet and disease--the Israeli paradox: possible dangers of a high omega-6 polyunsaturated fatty acid diet. *Israel journal of medical sciences*, 32(11), 1134-1143.

Yáñez, E., & Biolley, E. (1999). Sustitutos de grasa en la alimentación humana. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 49(2), 101-103.

Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., & Tzia, C. (2002). Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate-or protein-based fat replacers. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 337-342.



## 7 ANEJO

### 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 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?

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
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?

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

3. En cuanto al **color externo**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Mucho menos oscuro	<input type="text"/>
Algo menos oscuro	<input type="text"/>
Está bien así	<input type="text"/>
Algo más oscuro	<input type="text"/>
Mucho más oscuro	<input type="text"/>

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

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

5. En cuanto al **color interno**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Mucho menos oscuro	<input type="text"/>
Algo menos oscuro	<input type="text"/>
Está bien así	<input type="text"/>
Algo más oscuro	<input type="text"/>
Mucho más oscuro	<input type="text"/>

¿Cuánto te agrada el **AROMA** de este producto?

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

## 6. ESPONJOSIDAD AL ABRIRLA

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
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:

7. ¿Cuánto te agrada el **DULZOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

8. En cuanto al **dulzor**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos dulce	<input type="checkbox"/>
Está bien así	<input type="checkbox"/>
Más dulce	<input type="checkbox"/>

9. ¿Cuánto te agrada la **TEXTURA** de este producto?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

10. En cuanto a la **dureza**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos dura	<input type="checkbox"/>
Está bien así	<input type="checkbox"/>
Más dura	<input type="checkbox"/>

11. ¿Cuánto te agrada la **esponjosidad en boca**?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

12. ¿Cuánto te agrada la **untuosidad en boca**?, en tu opinión el producto **debería ser:**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

13. En tu opinión el producto **debería ser:**

Menos untuoso en boca	
Está bien así	
Más untuoso en boca	

14. ¿Cuánto te agrada el **SABOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

15. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor la **PROBABILIDAD DE COMPRA** de este producto si el precio fuera adecuado?

Definitivamente no lo compraría	
Probablemente no lo compraría	
Tal vez sí, tal vez no lo compraría	
Probablemente lo compraría	
Definitivamente lo compraría	

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!!**