



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE  
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## ***MUCILAGO DE SEMILLAS DE CHIA COMO SUSTITUTO DE GRASAS CONVENCIONALES EN GALLETAS***

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

**ALUMNO:** Henry Gonzalo Rodríguez Vallejo

**TUTORA ACADEMICA:** María Dolores Ortolá Ortolá

**COTUTORA:** María Luisa Castelló Gómez

**DIRECTORA EXPERIMENTAL:** Susana Rubio Arraez

*Curso Académico: 2018-2019*

**VALENCIA, Julio de 2019**

# MUCILAGO DE SEMILLAS DE CHIA COMO SUSTITUTO DE GRASAS CONVENCIONALES EN GALLETAS

Rodríguez, H., Rubio-Arreaz, S.<sup>1</sup>, Castelló, M.L.<sup>1</sup>, Ortolá, M.D.<sup>1</sup>

## RESUMEN

Las galletas son ampliamente consumidas por la población, más si cabe por el sector infantil. Sin embargo, son productos con un alto contenido en grasas, mayoritariamente con alto valor calórico y poco saludables. Por contra, la sociedad actual cada vez está más concienciada con los efectos de la alimentación sobre la salud, priorizando el consumo de alimentos bajos en azúcares y grasas, así como ricos en fibra, proteínas, vitaminas, etc.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la potencialidad del mucílago de semillas de chía como sustituto de las grasas convencionales para elaboración de galletas. Para ello, se optimizaron las condiciones de extracción y secado del mucílago para obtener un elevado rendimiento en mucílago seco en términos de contenido en agua y proteínas. Se formularon galletas sustituyendo total o parcialmente la grasa por mucílago seco rehidratado, caracterizándose sus propiedades ópticas, mecánicas, actividad de agua y contenido de agua y proteínas. Además, se llevó a cabo una evaluación sensorial para determinar la aceptabilidad de las diferentes formulaciones. La sustitución de hasta un 50% de aceite por mucílago rehidratado no modificó las propiedades tecnológicas de las galletas (humedad, actividad de agua y propiedades ópticas), aumentando el contenido proteico del producto, por lo que podría ser una alternativa para mejorar el perfil nutricional de las galletas tradicionales. Sin embargo, la menor dureza de esta formulación fue el factor más decisivo que determinó la menor intención de compra por parte del panel de catadores. Debería estudiarse la mejora de este parámetro optimizando las condiciones de horneado (mayor tiempo y/o temperatura) para aumentar la salida de agua de la masa.

**Palabras clave:** mucílago, semilla chía, galletas, grasas

## RESUM

Les galletes són àmpliament consumides per la població, més si cap pel sector infantil. No obstant això, són productes amb un alt contingut en greixos, majoritàriament amb alt valor calòric i poc saludables. Per contra, la societat actual cada vegada està més conscienciada amb els efectes de l'alimentació sobre la salut, prioritzant el consum d'aliments baixos en sucres i greixos i rics en fibra, proteïnes, vitamines, etc.

L'objectiu d'aquest treball va ser avaluar la potencialitat del mucílago de llavors de chía com a substitut dels greixos convencionals per a elaboració de galletes. Per a això, es van optimitzar les condicions d'extracció del mucílago per a obtenir

---

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

un elevat rendiment en mucílag sec en relació al seu contingut en aigua i proteïnes. Es van formular galletes substituïnt totalment o parcialment el greix per mucílag sec rehidratat, caracteritzant-se les mateixes en les seues propietats òptiques, mecàniques, activitat d'aigua i contingut en aigua i proteïnes. A més, es va dur a terme una avaluació sensorial per a determinar l'acceptabilitat de les diferents formulacions. La substitució de fins a un 50% d'oli per mucílag rehidratat no va modificar les propietats tecnològiques de les galletes (humitat, activitat d'aigua i propietats òptiques), augmentant el contingut proteic del producte, per la qual cosa podria ser una alternativa per a millorar el perfil nutricional de les galletes tradicionals. No obstant això, la menor duresa d'esta formulació va ser el factor més decisiu que va determinar la menor intenció de compra per part del panell de tastadors. Hauria d'estudiar-se la millora d'este paràmetre optimitzant les condicions de fornejat (major temps i/o temperatura) per a augmentar l'eixida d'aigua de la massa.

**Paraules clau:** mucílag, llavor chía, galletes, greixos

## **ABSTRACT**

The biscuits are widely consumed by the population, especially by the children's sector. However, they are high caloric and unhealthy products due to their high fat content. In contrast, today's society is increasingly aware of the effects of food on health, prioritizing the consumption of low-sugar, low-fat products and rich in fiber, proteins, vitamins, etc.

The objective of this work was to evaluate the potentiality of chia seed mucilage as a substitute for conventional biscuit fats. For that, the extraction and drying conditions of the mucilage were optimized in terms of water and protein content. Biscuits were formulated replacing all or part of the fat by rehydrated dry mucilage, characterizing its optical and mechanical properties, water activity and water and protein content. In addition, a sensory evaluation was carried out to determine the acceptability of the different formulations. The substitution of up to 50% of oil by rehydrated mucilage did not modify the technological properties of cookies (moisture, water activity and optical properties), increasing the protein content of the product, so it could be an alternative to improve the nutritional profile of the traditional cookies. However, the lower hardness of this formulation was the most decisive factor that determined the lowest purchase intention of the panel of tasters. The improvement of this parameter should be studied optimizing the baking conditions (longer time and / or temperature) to increase the water output of the dough.

**Keywords:** mucilage, chia seed, cookies, fats

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo en España de bollería y pastelería, galletas, cereales y productos navideños durante 2017 fue de media 13,45 kg por persona y año (Figura 1). Dentro de este sector, la bollería y pastelería, así como las galletas, son los productos más importantes con 5,88 kg/persona/año y 5,21 kg/persona/año, respectivamente (MAPAMA, 2017).

CONSUMO PER CÁPITA (Kg/persona/año)	TOTAL		BOLLERÍA/PASTELERÍA		GALLETAS	
	TAM DICIEMBRE 2016	TAM DICIEMBRE 2017	TAM DICIEMBRE 2016	TAM DICIEMBRE 2017	TAM DICIEMBRE 2016	TAM DICIEMBRE 2017
	14,13	13,45	6,15	5,88	5,47	5,21
	CEREALES		PRODUCTOS NAVIDEÑOS			
	TAM DICIEMBRE 2016	TAM DICIEMBRE 2017	TAM DICIEMBRE 2016	TAM DICIEMBRE 2017		
	1,70	1,57	0,82	0,79		

**FIGURA 1.** Consumo per cápita de los tipos de bollería y pastelería, galletas, cereales, productos navideños (MAPAMA, 2017).

Según el Real Decreto 1124/1982, las galletas son productos alimenticios elaborados por una mezcla de harina, grasas comestibles y agua, adicionada o no de azúcares y de otros productos alimenticios o alimentarios (aditivos, aromas, condimentos, especias, etc.), sometidos a un proceso de amasado y al posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua.

En los últimos años, se están produciendo cambios sustanciales en la dieta de la población de los países industrializados. Uno de los temas que ha adquirido un protagonismo importante es cantidad de grasa consumida, así como la composición de la misma. En general, el consumo excesivo de grasa ha dado lugar a que cada vez sea mayor el número de personas con sobrepeso y obesidad, así como con enfermedades cardiovasculares. Por ello, organizaciones como la OMS y la FAO recomiendan que el consumo de grasas sea inferior al 30% de la ingesta de calorías totales y que, de éstas, menos del 10% sean grasas saturadas (HSS, 2015).

La grasa de origen animal que tradicionalmente se ha utilizado en la elaboración de galletas es la mantequilla. La mantequilla es una emulsión de agua en aceite que se forma por inversión de fase cuando se bate la nata. La mantequilla contiene entre un 81-85% de grasa, 14-16% de agua y 0,5-2% de sustancia seca magra y su composición está, en general, regulada legalmente (Tarancón, 2013). De la grasa total, casi el 70% son ácidos grasos saturados, aproximadamente el 25% ácidos grasos monoinsaturados y menos del 5% poliinsaturados (HSS, 2015).

Las grasas de origen vegetal que se suelen utilizar a nivel industrial para la elaboración de galletas provienen principalmente del aceite de palma, soja y girasol. El aceite de girasol es uno de los aceites más consumidos en Europa y, al igual que el aceite de soja, tiene un elevado contenido en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (Micha y Mozaffarian, 2010).

El aceite de girasol según Cabezas-Zabala *et al.* (2016), tiene un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados. Estos ácidos grasos son muy beneficiosos para la salud, siempre y cuando no se enrancien. Pero el hecho de ser poliinsaturados les hace muy inestables, es decir, son muy propensos a oxidarse y el calor es uno de los factores aceleradores de la oxidación. Además, destruye la vitamina E, por lo que durante el horneado se pierden estas propiedades nutricionales. Las grasas oxidadas también aumentan el trabajo hepático, ya que entre las funciones del hígado se encuentra el metabolismo de las grasas, y la de detoxificación de elementos nocivos de la sangre. Asimismo, a partir de cierta temperatura se generan sustancias cancerígenas, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (alquitranes) (Gómez *et al.*, 2009). Entre sus ácidos grasos poliinsaturados, el mayoritario es el ácido linoleico que es un ácido graso esencial de la serie omega-6, pero contiene bajas cantidades del ácido linolénico (omega-3) que hace que se descompense el cociente entre ambos haciéndose superior a la unidad lo que se ha asociado a problemas relacionados con la obesidad, enfermedades cardiovasculares o diabetes, entre otros. En este sentido, estudios recientes (Simopoulos, 2016; Tortosa-Caparrós *et al.*, 2017) 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.

La semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) contiene una gran cantidad de aceite, aproximadamente un 40% de su peso, siendo el 60% del mismo ácido linolénico (omega-3), por lo que contribuirá a mantener la relación omega-6/omega-3 cercana a 1. Destacan también su alto contenido en fibra dietética (30 g / 100 g) y proteína de alto valor biológico (19 g / 100 g). Se ha reportado que el consumo del mucílago de chía facilita la digestión. Además, contiene antioxidantes que participan en la prevención de cuatro de las enfermedades más importantes a nivel mundial como la diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares e hipertensión (Muñoz *et al.*, 2012; Reyes-Caudillo *et al.*, 2008).

El mucílago de la semilla de chía es un polisacárido complejo de alto peso molecular que se extrae cuando la semilla entra en contacto con el agua, lo que aumenta la viscosidad de la disolución. Así, el mucílago de chía puede actuar como fibra soluble, aportando hidratación y aumentando la viscosidad de masas, pudiendo actuar como sustituto de grasas (Capitani *et al.*, 2012).

En este sentido, el objetivo de este trabajo se centró en evaluar la posibilidad de sustituir total o parcialmente las grasas por mucílago de chía en la elaboración de galletas, evaluando las propiedades tecnológicas y sensoriales de las mismas.

## **2. MATERIALES Y METODOS**

### **2.1. Extracción del mucílago de chía**

El mucílago de las semillas de chía se extrajo de semillas enteras (adquiridas en un supermercado local) utilizando agua potable.

A partir de bibliografía, se ensayaron diferentes proporciones de agua:semilla (14:1 y 40:1), así como de temperaturas del agua (70°C y 80°C) y tiempo de

extracción (2 y 2,4 horas). Durante la extracción, la suspensión se mantuvo en constante agitación.

Una vez transcurrido el tiempo de extracción, la suspensión acuosa se extendió sobre una bandeja y se secó en estufa a diferentes temperaturas (50°C y 60°C) y tiempos (24, 10, 115,5 y 75 horas). El mucílago seco se separó de la semilla frotando sobre un tamiz de 1mm (Campos *et al.*, 2016). Se mantuvo almacenado en refrigeración a 4 °C en frascos de vidrio hasta su utilización.

Se definieron como condiciones óptimas de extracción (relación agua:semilla, tiempo y temperatura de extracción, tiempo y temperatura de secado), aquellas que permitieron obtener un mayor rendimiento en mucílago seco.

## 2.2. Elaboración de las galletas y formulaciones

Para la elaboración de las galletas se partió de una formulación base compuesta de un 15% de azúcar, un 14% de aceite de girasol, un 54% de harina de trigo, un 16% de huevo y un 1% de levadura química. Todos los ingredientes fueron adquiridos en un supermercado local. En primer lugar, se pesaron las cantidades correspondientes de cada componente en una balanza de precisión, seguidamente se tamizaron la harina y la levadura, para evitar la formación de grumos, mezclándose ambas y, por último, se mezcló con el azúcar, huevo y el aceite. Todo esto se amasó en una amasadora electrónica (Kenwood, modelo KM240 serie, Reino Unido), a una velocidad de 3 rpm durante 3-5 min. A continuación, se estiró la masa con un rodillo antiadherente con aros de 5 mm lo que garantizaba la homogeneidad y la altura en la galleta. La masa extendida se dejó un reposo 10 min y posteriormente se cortó con un cortapastas de 40 mm de diámetro. Finalmente, las galletas se hornearon (Rational, modelo SelfCooking Center, España) durante 20 minutos a 180 °C, sin ventilación y sin humedad relativa. Una vez horneadas se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se almacenaron en botes de vidrio sellados con Parafilm® hasta la realización de los análisis.

Para la elaboración de las galletas con mucílago de chía, primeramente, se hidrató el mucílago con agua potable (relación 3 g de mucílago de chía/ 100 g de agua) durante 30 min (Fernandes y Salas-Mellado, 2017).

En la Tabla 1 se presentan las cinco formulaciones (M.0%, M.25%, M.50%, M.75%, M.100%) de galletas en las que se sustituyó total o parcialmente el aceite de girasol por mucílago de chía hidratado.

**TABLA 1.** Porcentajes de los ingredientes en las formulaciones de galletas

<b>FORMULACIÓN</b>	<b>M. 0%</b>	<b>M. 25%</b>	<b>M. 50%</b>	<b>M. 75%</b>	<b>M. 100%</b>
Azúcar	15	15	15	15	15
Ac girasol	14	10,5	7	3,5	0
Mucilago	0	3,5	7	10,5	14
Harina Trigo	54	54	54	54	54
Huevo	16	16	16	16	16
Levadura	1	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	100	100	100	100	100

## **2.3. Determinaciones analíticas**

### **2.3.1. ALTURA Y SUPERFICIE**

A las galletas de cada formulación se les midió la altura (mm) y la superficie (cm<sup>2</sup>) después del horneado. Las medidas se llevaron a cabo con un pie de rey (Digital Caliper 0-150 mm, RS PRO, U.K.). La superficie se calculó a partir de las medidas de los diámetros mayor y menor considerando la galleta como una elipse. Se realizó las medidas por quintuplicado.

### **2.3.2. ACTIVIDAD DE AGUA ( $a_w$ )**

Se determinó la  $a_w$  mediante un higrómetro de punto de rocío AquaLab (Decagon Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA) a 25 °C. Se realizaron cinco repeticiones de las galletas de cada formulación.

### **2.3.3. HUMEDAD**

El análisis de contenido de agua de las galletas horneadas y del mucílago de chíá se llevó a cabo mediante el método gravimétrico AOAC (2000), en estufa a 60 °C hasta alcanzar su peso constante y las medidas se realizaron por quintuplicado.

### **2.3.4. CENIZAS**

Para determinar el contenido total de minerales en el mucílago obtenido, se utilizó el método de calcinación por secado, en mufla (Select-Horn 2000366) a 550 °C durante 3 horas (Pearson, 1993). El contenido en cenizas se calculó por diferencia de peso. Se realizó por quintuplicado.

### **2.3.5. ANÁLISIS DE PROTEÍNA**

El análisis de proteínas se realizó por el método Kjeldhal (AOAC, 2000). El porcentaje de nitrógeno obtenido se expresó como % de proteína utilizando el factor 6,25 para el mucílago de chíá y 5,83 para las galletas. Este último factor se calculó teniendo en cuenta los diferentes componentes y sus proporciones en la formulación de la galleta. Se realizó por triplicado de cada formulación de las galletas y el mucílago de chíá.

### **2.3.6. PROPIEDADES ÓPTICAS**

Las medidas del color se realizaron de la cara superior de todas las galletas de cada formulación después del horneado, utilizando un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM – 3600d, Tokio, Japón). Se obtuvieron valores que fueron expresados en base al sistema de referencia CIE L\*a\*b\* con el iluminante D65 y un observador de 10°. Los parámetros que se determinaron fueron la luminosidad L\*, la coordenada a\*(valores positivos, color rojo y valores negativos, color verde) y la coordenada b\* (valores positivos, color amarillo y valores negativos, color azul). Se utilizó la ecuación 1 para calcular la diferencia

total de color ( $\Delta E^*$ ) respecto de la formulación control (M.0%) (Francis y Clydesdale, 1975):

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

### 2.3.7. PROPIEDADES MECÁNICAS

Para el análisis de la textura en las galletas se utilizó un texturómetro TA.TX plus (Stable Micro Systems, U.K.), con un ensayo de corte. Las condiciones de ensayo fueron: velocidad de avance de la sonda 0,50 mm/seg, distancia inicial entre la cuchilla a la placa base de 20 mm, fuerza de activación de 10 g y tipo de activación de auto fuerza. Se analizaron cinco galletas de cada formulación y los parámetros que fueron evaluados son la fuerza máxima y la consistencia.

### 2.3.8. ANÁLISIS SENSORIAL

Se estudió la aceptación sensorial de tres formulaciones, el control (M.0%) y las otras cada una con diferentes proporciones de mucílago de chía (M.50% y M.100%).

El análisis sensorial fue realizado en una sala de catas, según recoge la norma UNE-EN ISO 8589:2010, en el Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD). El panel de catadores estuvo formado por 30 jueces no formados, con edades comprendidas entre 18 y 65 años. Las muestras fueron presentadas simultáneamente y codificadas con números de tres dígitos y aleatorios. Fueron evaluados los siguientes atributos: color interno, color externo, aspecto, aroma, tacto, textura, crujiente, sabor y retrogusto según una escala hedónica de nueve puntos (ISO 4121:2003 y UNE-87025:1996). Se incluyó en el test preguntas para evaluar la preferencia sobre la intensidad de algunos atributos (color externo, color interno y dureza) según una prueba Just About Right (JAR). Además, fue evaluada la intención de compra de cada una de las formulaciones por parte de los catadores.

## 2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos de todas las pruebas experimentales citadas anteriormente se trató con el programa Statgraphics Centurión versión XVII 17.2.00 (2016. Statpoint Technologies, USA). Se realizó el Análisis de la Varianza (ANOVA Simple) para evaluar el efecto de la incorporación del mucílago de chía en la formulación sobre los diferentes parámetros analizados.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Obtención y caracterización del mucílago de chía

Para la extracción y secado del mucílago de semillas de chía, se llevaron a cabo diferentes pruebas experimentales considerando las condiciones óptimas publicadas por otros autores. En la Tabla 2 se muestran las condiciones

ensayadas, así como el rendimiento total en mucílago seco (g mucílago seco/100 g semilla chía) obtenido en cada una de ellas. Con los resultados obtenidos, y con el fin de aumentar el rendimiento, se modificó la metodología propuesta por Campos *et al.*, (2016) aumentándose la temperatura de secado a 60°C, tal y como también se muestra en la tabla 2. De esta forma, se redujo el tiempo de secado a 75 horas aumentando el rendimiento obtenido a 10 g mucílago seco/100 g semilla.

**TABLA 2.** Condiciones de extracción y secado y rendimiento obtenido de mucílago seco

Temperatura extracción (°C)	Tiempo extracción (h)	Relación agua: semilla	Temperatura secado (°C)	Tiempo secado (h)	Rendimiento (g mucílago seco/100 g de semilla)	Referencias
70	2,4	14:1	50	24	5,09	Campos et al., (2016)
80	2	40:1	50	10	6,97	Muñoz et al., (2012)
70	2,4	14:1	50	115,5	2	Campos et al., (2016)
70	2,4	14:1	60	75	10	Propuesta para este trabajo

Una vez definidas las condiciones óptimas para la extracción y secado del mucílago, este se caracterizó, obteniéndose los resultados que pueden observarse en la Tabla 3.

**TABLA 3.** Composición en términos de contenido (%) en agua, proteína y cenizas del mucílago de chía seco

Componentes (%)	Promedio
Agua	3,66 ± 0,13
Proteína	21,5 ± 0,3
Cenizas	5,7 ± 0,2

Los resultados obtenidos en cuanto al contenido de agua fueron distintos respecto a los reportados por otros autores. Así, Capitani *et al.*, (2013) obtuvieron contenidos en agua de 10,3 ± 0,3% de mucílago estabilizado por liofilización, mientras que Fernandes y Salas-Mellado (2017) reportaron valores de 13,69 ± 0,04% para mucílago secado por aire caliente y 10,74 ± 0,29% para mucílago liofilizado y Felisberto *et al.*, (2015) valores de 5,74 ± 0,09% en mucílago liofilizado. Las diferencias encontradas en este parámetro podrían ser consecuencia de los diferentes métodos de secado utilizados, así como las diferentes condiciones (tiempos y temperaturas) del mismo.

En cuanto a la proteína, cabe destacar que los resultados obtenidos son bastantes más altos que los reportados en bibliografía. Así, Capitani *et al.*, (2013) y Fernandes y Salas-Mellado (2017) reportan contenidos en el mucílago seco de aproximadamente un 10%, y Felisberto *et al.*, (2015) de 11,62 ± 0,10%.

Sin embargo, el porcentaje de cenizas obtenido fue de 5,7 ± 0,2%, encontrándose entre los valores referenciados en otros trabajos, 7 ± 1 (Capitani

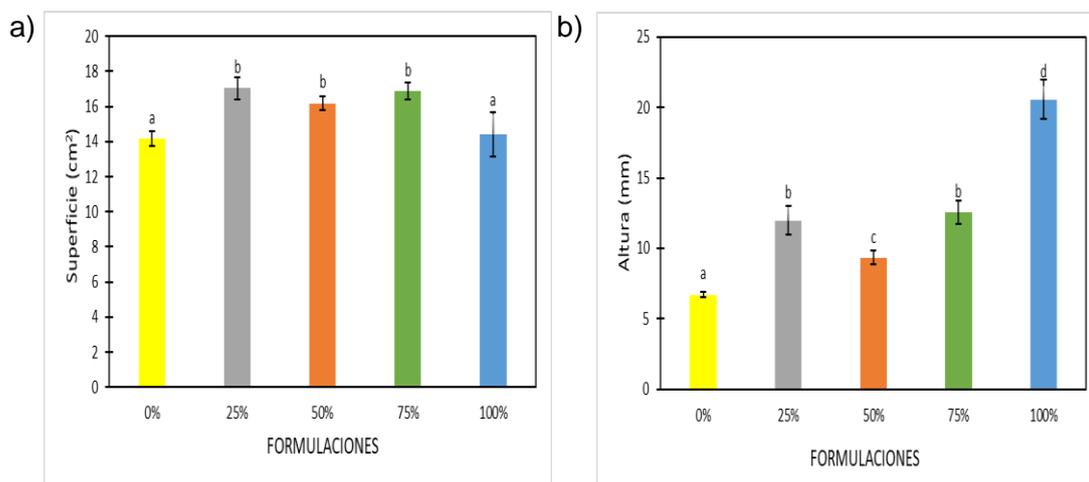
*et al.*, 2013),  $8,00 \pm 0,57$  (Silvia, 2015) y  $8,79 \pm 0,06$  (Fernandes y Salas-Mellado, 2017). El contenido en cenizas indica el contenido de minerales del mucílago seco, rico en calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc y cobre (Silvia, 2015).

### 3.2. Caracterización de las galletas con mucílago

Con el mucílago seco se procedió a elaborar galletas con diferentes cantidades de mucílago previamente hidratado, según las formulaciones comentadas en Materiales y métodos.

#### 3.2.1. ALTURA Y SUPERFICIE

Con las medidas de los dos diámetros característicos de las galletas, y considerando éstas como una elipse, se determinó la superficie tras el horneado para determinar el efecto de la adición del mucílago sobre la expansión de la galleta. Igualmente, se midió la altura de las galletas horneadas. La Figura 2 muestra los resultados para las diferentes formulaciones.



**FIGURA 2.** Superficie (a) y altura (b) de las galletas horneadas en función de la formulación.

Los resultados muestran que, en general, la adición de mucílago aumenta significativamente la superficie de la galleta horneada, así como su altura. Esto estaría relacionado con sus propiedades tecnológicas, ya que tiene un gran potencial como emulsionante y espesante en alimentos (Hernández, 2012). No obstante, cuando no hubo presencia de grasa (100%), se pierde la capacidad de expansión de la superficie de la galleta, aunque sí se mantiene la capacidad para aumentar la altura. Estos resultados son coherentes con los publicados por Borneo *et al.*, (2010) en los que una sustitución por encima del 50% de aceite por mucílago de chía hidratado en bizcochos reducía significativamente su volumen específico debido a la menor aireación del producto y su mayor densidad. El mucílago de chía tiene capacidad de hidratarse. Esta propiedad de hidratación hace que exista menos agua libre en la masa por lo que juega un papel importante en la tasa de expansión. Cuanta más agua libre existe, menor

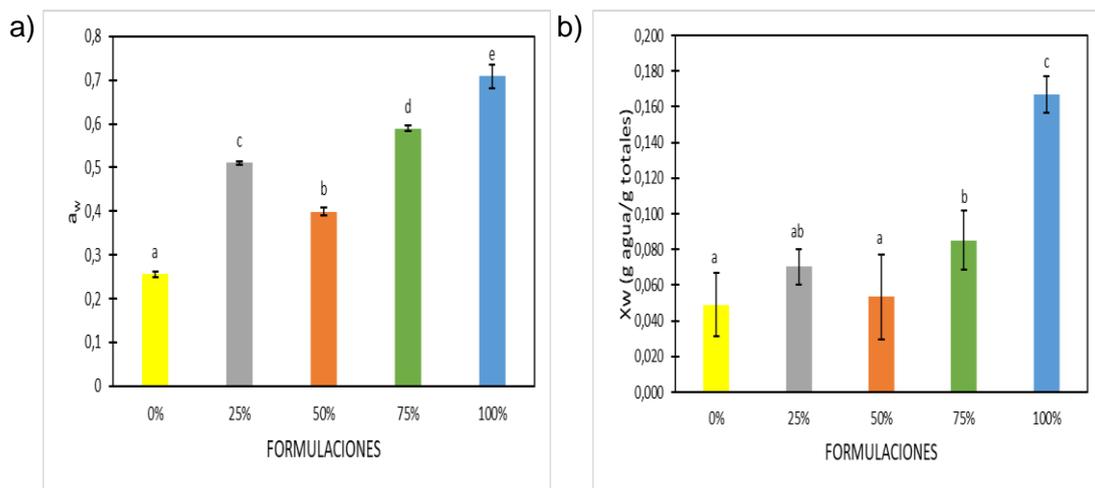
es la viscosidad interna de la masa y mayor es la tasa de expansión de las galletas (Rodríguez, 2015). A bajas concentraciones de mucílago, este contribuyó a la formación de una red que reduce el movimiento de las gotas de aceite, su colisión y coalescencia, lubricando la mezcla durante el amasado y aumentando la altura durante el horneado (Fernandes y Salas-Mellado, 2017).

### 3.2.2. ACTIVIDAD DE AGUA ( $a_w$ ) y HUMEDAD

En la Figura 3 se muestra la actividad de agua ( $a_w$ ) y la humedad de las diferentes formulaciones. Como puede observarse, la humedad de las muestras horneadas fue similar en las formulaciones hasta con un 50% de mucílago. Este nivel de humedad sería acorde con la humedad característica de galletas (0,052 g agua/g total) según la clasificación de alimentos en función de su contenido en agua de Belitz y Grosch (1999).

Al aumentar este porcentaje, la humedad final aumenta significativamente. A mayores niveles de reemplazo la cantidad de agua añadida a la formulación aumenta en la masa y el alto contenido en fibra dietética del mucílago podría retener el agua en la matriz (Moraes *et al.*, 2010) como consecuencia de la formación de puentes de hidrógeno entre el agua y los numerosos grupos hidroxilo libres de la fibra (Oakenfull, 2001). Durante el horneado, la salida del vapor de agua estaría dificultada, tanto más cuando la cantidad de agua presente es mayor.

Por otra parte, sí que se observan diferencias significativas en la  $a_w$  entre las muestras, aumentando ésta con el aumento en el contenido en mucílago. El mucílago hidratado añadido a la formulación está aportando más agua, que quedaría disponible tras el horneado. Esto resulta relevante en relación a la estabilidad del producto, pues valores de  $a_w$  pueden comprometer la seguridad microbiana del producto (Felisberto *et al.*, 2015).

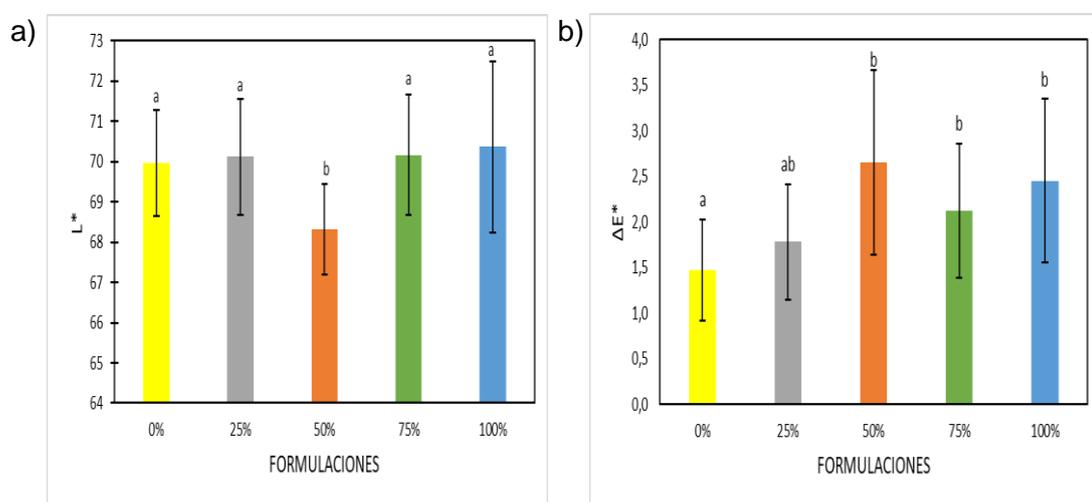


**FIGURA 3.** Actividad de agua ( $a_w$ ) (a) y humedad ( $x_w$ ) (b) de las galletas horneadas en función de la formulación.

### 3.2.3. PROPIEDADES ÓPTICAS

En la Figura 4, se presentan los valores medios de la luminosidad  $L^*$  y las diferencias de color  $\Delta E^*$ , de la superficie de las galletas horneadas para cada formulación. En general no se observaron diferencias significativas en la coordenada  $L^*$  al adicionar el mucílago de chíá.

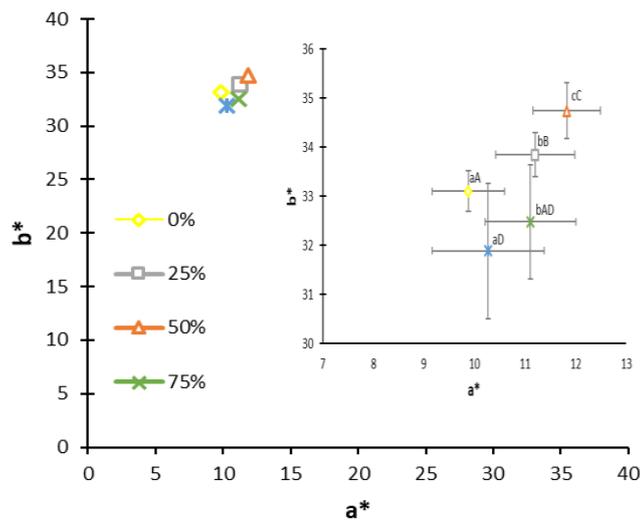
En cuanto a la diferencia de color, las propias galletas control ya mostraron una diferencia de color entre ellas. Las formulaciones con un porcentaje de mucílago superior al 50% mostraron diferencias significativas con respecto a las de menor concentración. Según Bodart *et al.* (2008), diferencias de color entre 1 y 3, no son apreciables por el ojo humano, mientras que valores superiores a 3 las diferencias de color son detectadas por el ojo humano. En este sentido, la sustitución de mucílago por aceite de girasol en cualquiera de las concentraciones estudiadas, no sería detectada visualmente por el consumidor.



**FIGURA 4.** Valores de luminosidad  $L^*$  (a) y la diferencia de color  $\Delta E^*$  (b) de las galletas horneadas en función de la formulación.

Estas pequeñas diferencias comentadas, pueden observarse igualmente en la Figura 5, donde se muestra la ubicación en el plano cromático  $a^*-b^*$  de las galletas horneadas. El color, así como el sabor y la textura, es una de las características más importantes para la determinación de la aceptabilidad de las galletas (Pérez *et al.*, 2013). Este se desarrolla principalmente durante el horneado a través de las reacciones de Maillard que se producen entre azúcares reductores y proteínas junto con la dextrinización del almidón del almidón y su caramelización (Rodríguez, 2015).

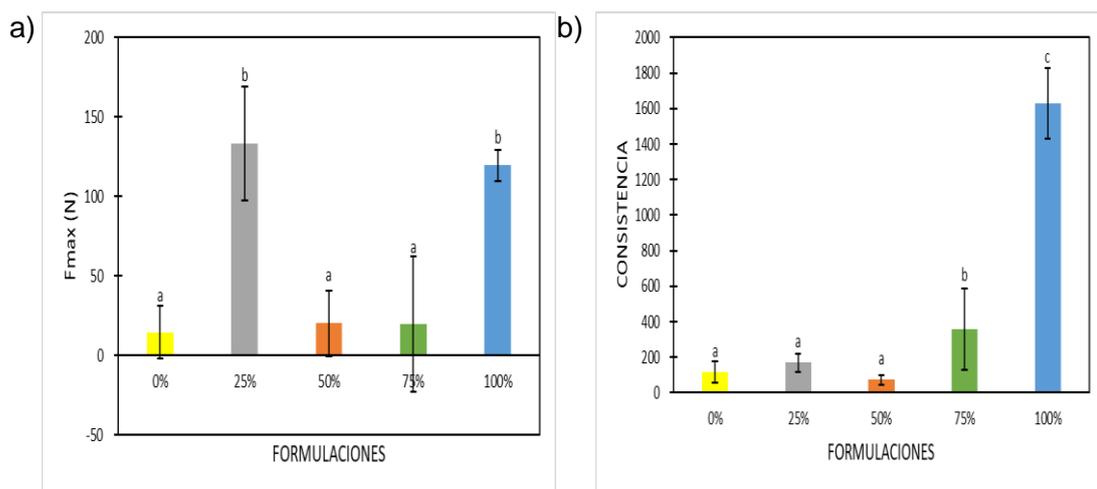
Según Sarabhai *et al.* (2015), y Singh y Mohamed (2007), la adición de proteínas favorece las reacciones de Maillard produciendo más rápido la formación de las melanoidinas. En nuestro caso, a pesar del mayor contenido en proteína de las galletas con chíá, este efecto no llega a apreciarse.



**FIGURA 5.** Situación en el plano cromático a\*b\* de las galletas horneadas en función de la formulación. Las letras minúsculas hacen referencia a grupos homogéneos considerando la coordenada a\* y las mayúsculas a los de la coordenada b\*.

### 3.2.4. PROPIEDADES MECÁNICAS

En la Figura 6, se observan los resultados de la fuerza máxima y la consistencia de la galleta de cada formulación después del horneado. Los resultados obtenidos para la dureza fueron muy variables, con una desviación muy alta entre galletas de la misma formulación. Solo en la formulación con 100% de mucílago disminuye la variabilidad entre muestras. Esto podría estar relacionado con la cantidad de agua en las galletas, de forma que las de baja humedad son más frágiles, y a medida que aumenta la cantidad de agua, el punto de fractura disminuye, revelando una mayor elasticidad y deformabilidad (Baltsavias *et al.*, 1999). Por este motivo, quizás el ensayo de corte efectuado no resulte el más apropiado para determinar dureza en este tipo de galletas.



**FIGURA 6.** Fuerza máxima (a) y consistencia (b) de las galletas horneadas en función de la formulación.

### 3.2.5. ANÁLISIS DE PROTEÍNA

Se presenta en la Figura 7 el contenido en proteína de las galletas horneadas de cada formulación. Como era de esperar, la adición de mucílago, con un elevado contenido en proteínas, aumentó el contenido en las galletas, aunque el aumento fue porcentualmente pequeño porque la cantidad de mucílago seco añadido fue muy pequeña. Hay que tener en cuenta que el mucílago añadido a la formulación estaba hidratado en una proporción 3 g de mucílago de chía seco: 100 g de agua. Así, y teniendo en cuenta el contenido en proteína del mucílago seco (21,5%), el mucílago hidratado contendría 0,645 g proteína/100 g mucílago hidratado. En cualquier caso, y teniendo en cuenta que aproximadamente el 40% de los aminoácidos del mucílago son esenciales (leucina, isoleucina y valina), además de contener otros no esenciales como ácido glutámico, arginina y ácido aspártico (Olivos-Lugo *et al.*, 2010), la sustitución del aceite de girasol por mucílago mejora el perfil proteico del producto.

Además, de acuerdo con Badui Dergal (2016), la desnaturalización de las proteínas durante el horneado está fuertemente influida por el contenido de humedad, siendo las proteínas deshidratadas más resistentes a los tratamientos térmicos que las proteínas en disolución. En este sentido, probablemente la adición directa del mucílago seco podría traducirse en un aumento más importante en el contenido de proteína total. Por otra parte, el hinchamiento de la matriz de la proteína por hidratación, facilita el acceso de las moléculas de agua a su interior disminuyendo las temperaturas de desnaturalización, por lo que el mucílago hidratado sería más susceptible a la termodesnaturalización (Singh, 2005).

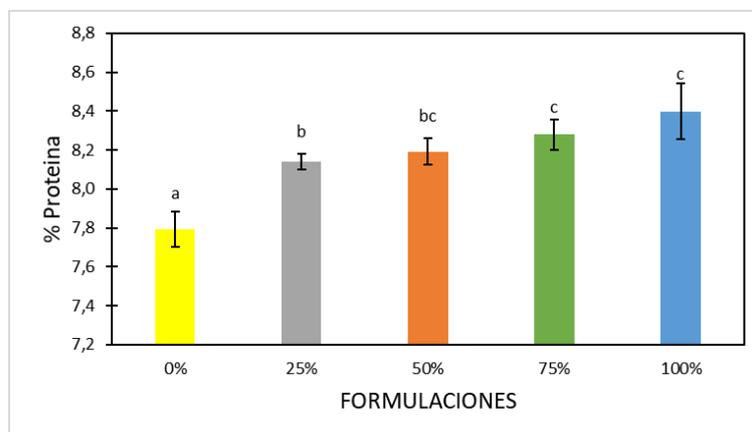


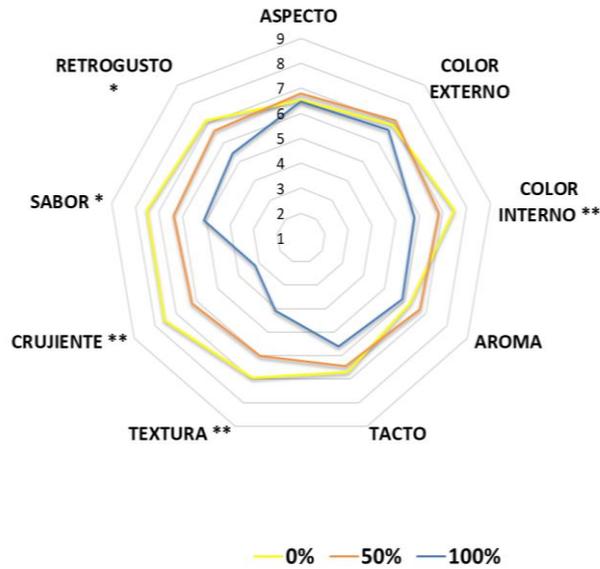
FIGURA 7. Contenido en proteína de las galletas horneadas en función de la formulación.

### 3.3. Análisis sensorial

Para realizar la evaluación sensorial se presentó a los catadores tres galletas, el control (M.0%) y en las que se sustituyó la grasa por un 50 y un 100% de mucílago de chía (M.50% y M.100%).

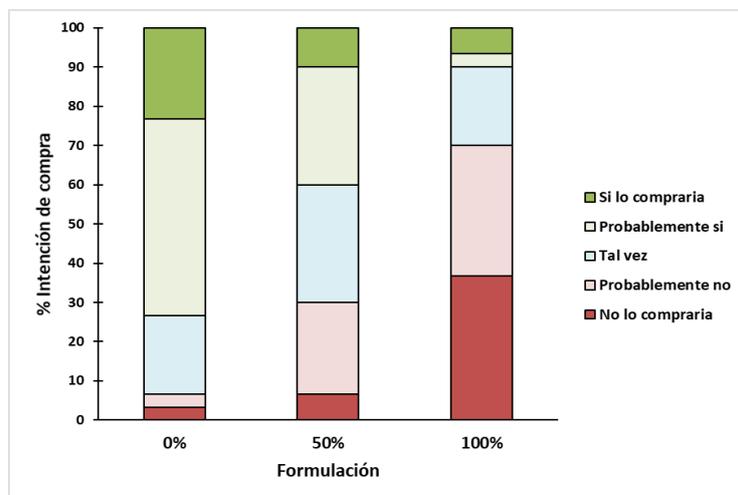
En la Figura 8, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de diferentes parámetros según una escala hedónica de 9 puntos. Como se

observa, los catadores no encontraron diferencias significativas en los siguientes atributos: aspecto, color externo, aroma y tacto. Sin embargo, logran apreciar diferencias significativas en los atributos color interno, textura y crujencia (nivel de confianza del 99%) y en el sabor y retrogusto (nivel de confianza del 95%). En general, los evaluadores puntuaron más altos los atributos de la galleta control, disminuyendo la puntuación cuanto más alto fue el porcentaje de mucílago añadido.



**FIGURA 8.** Resultados del análisis sensorial con la escala hedónica de galletas horneadas en función a su formulación. Según los datos obtenidos tras el análisis de datos del ANOVA, \*Nivel de confianza del 95% y \*\* Nivel de confianza del 99%.

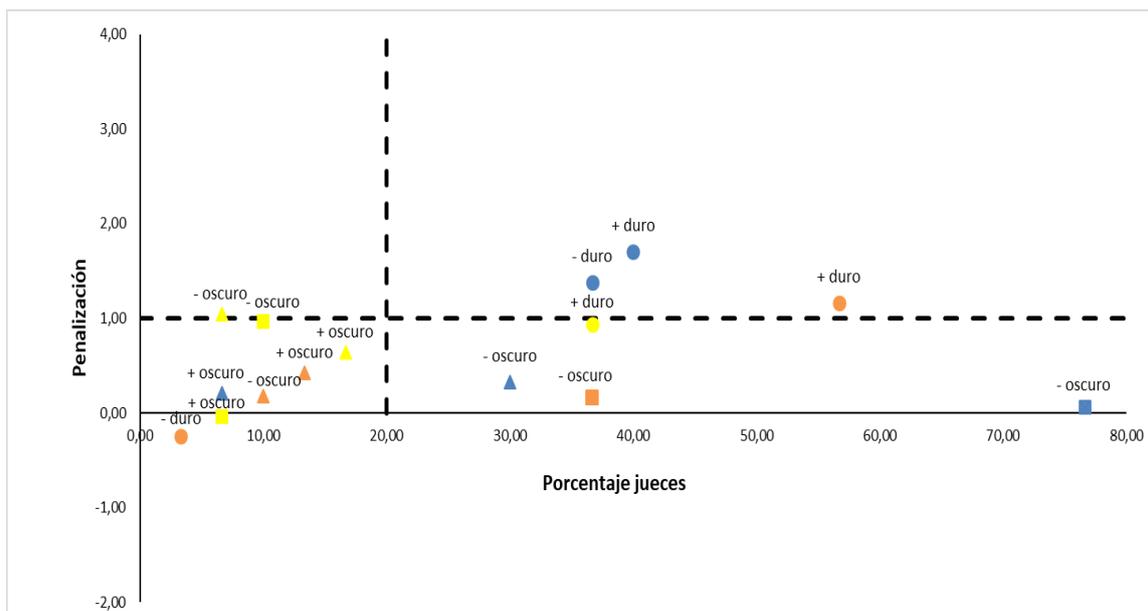
Se presenta en la Figura 9, la intención de compra de las muestras presentadores a los catadores. La galleta que mayor aceptabilidad tuvo y que si lo comprarían fue la M.0%. La galleta que menos intención de compra fue la M.100%.



**FIGURA 9.** Intención de compra de las galletas presentadas según la evaluación sensorial de los catadores

Con el fin de evaluar cual o cuales de los atributos evaluados influyen considerablemente en la decisión de compra final, en la Figura 10 se presenta la gráfica de penalizaciones obtenida con los resultados del test Just About Right. Como puede observarse, el parámetro que parece que más influye en la decisión final de compra de los jueces es la dureza. Sin embargo, para la muestra M.100% la opinión está muy dividida. Aproximadamente el 50% de los catadores consideraron que les gustaría más blanda mientras que el otro 50% la preferirían más dura, por lo que este resultado no podría utilizarse para mejorar la formulación. Con respecto a la formulación M.50%, la opinión mayoritaria es que les gustaría más dura. Teniendo en cuenta que la humedad de esta formulación fue mayor que la control, este parámetro podría mejorarse aumentando el tiempo de horneado o la temperatura para facilitar la salida del vapor de agua.

En cualquier caso, estos resultados dispares entre formulaciones, son coherentes con la dispersión en los datos obtenidos en el análisis instrumental. Quizás el término de dureza no es el más adecuado para evaluar sensorialmente una galleta, probablemente porque el panel de catadores utilizado era semientrenado y pudiera confundir los términos de dureza y crujencia en las galletas. En este sentido, se deberían repetir los análisis sensoriales entrenando a los catadores o buscando mejor los términos que definan las propiedades mecánicas del producto.



**FIGURA 10.** Gráfico de penalizaciones para las formulaciones evaluadas (color amarillo: (M.0%), color anaranjado: (M.50%), color azul: (M.100%), en los parámetros  $\Delta$ : color externo,  $\square$ : color interno y  $\circ$ : dureza.

#### 4. CONCLUSIONES

Se han optimizado las condiciones de extracción y secado por aire caliente de mucílago de chía para obtener un elevado rendimiento y, al mismo tiempo, un elevado contenido en proteínas. La sustitución de aceite de girasol por mucílago de chía hidratado es posible, dadas las propiedades emulsionantes del mismo.

Hasta niveles de sustitución del 50% las galletas no presentan diferencias importantes en relación al control en cuanto a su contenido en agua,  $a_w$  y propiedades ópticas, aumentando su contenido proteico. En esta formulación, el resultado del análisis sensorial parece indicar que podría mejorarse la intención de compra aumentando el tiempo o temperatura de horneado para facilitar la salida del vapor de agua, con lo que sería esperable un aumento de la dureza de la galleta.

## 5. REFERENCIAS

- AOAC International: "Official Methods of Analysis". 17ªed. Gaithersburg, USA, 2000.
- Badui Dergal, S. (2016). Química de los alimentos. México, Pearson Educación.
- Baltsavias, A., Jurgens, A., & Van Vliet, T. (1999). Fracture properties of short-dough biscuits: effect of composition. *Journal of Cereal Science*, 29(3), 235-244.
- Berlitz, H. D., & Grosch, W. (1999). Tablas de Composición de Alimentos. Editorial Acibia. Zaragoza. España.
- 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.
- Borneo, R., Aguirre, A., & Leon, A. E. (2010). Chia (*Salvia hispanica* L) gel can Be used as egg or oil replacer in cake formulations. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 946e949
- Cabezas-Zábala, C. C., Hernández-Torres, B. C., & Vargas-Zárate, M. (2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(4), 761-768.
- Campos, B., Ruivo, T., Silva, M., Madrona, G., & Bergamasco, R. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier.
- Capitani, M. I., Sportono, V., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispánica* L.) seeds of Argentina. *LWT – Food Science and Technology*, 45, 94-102.
- Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT – Food Science and Technology*, 63(2), 1049-1055
- Fernandes, S. S., & de las Mercedes Salas-Mellado, M. (2017). Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. *Food chemistry*, 227, 237-244.)
- Francis FJ, Clydesdale FM. (1975). *Food colorimetry: theory and applications*. Westport, Conn.: The Avi Publishing Co., Inc
- Gómez, M. F. D., Lozano, O. E. L., Regueiferio, M. G., Mancheño, R. G., Barragán, M. S. A., & Force, E. M. (2009). Estudio comparativo de La ozonización de aceites de girasol modificados genéticamente y sin modificar. *Quim Nova*, 32, 2467-72.
- Hernández, L. M. (2012). Mucilage from chia seeds (*Salvia hispanica*): Microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile).
- HSS. (2015) 2015–2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th Edition. Disponible en: <http://health.gov/dietaryguidelines/2015/guidelines/>. Fecha de consulta: junio 2019
- ISO. (2003). International Organization for Standardization. Sensory analysis -- Methodology -- Evaluation of food products by methods using scales.4121
- MAPAMA. (2017). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y del Ministerio para la Transición Ecológica. Informe del consumo de alimentación en España. Dirección URL: [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: junio 2019
- Micha, R., & Mozaffarian, D. (2010). Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: A fresh look at the evidence. *Lipids*, 45, 893-905.

- Moraes, É. A., Dantas, M. I. D. S., Morais, D. D. C., Silva, C. O. D., Castro, F. A. F. D., Martino, H. S. D., & Ribeiro, S. M. R. (2010). Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. *Food Science and Technology*, 30(4), 974-979.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2012). Chia seeds: microstructure, ~mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*, 108, 216e224.
- Oakenfull, D. (2001). Physical chemistry of dietary fiber. *Dietary Fiber in Human Nutrition*. 3rd ed. GA Spiller, CRC Press, Boca Raton, FL, 33-47.
- Olivos-Lugo, B. L., Valdivia-López, M. Á., & Tecante, A. (2010). Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Food Science and Technology International*, 16(1), 89-96.
- Pearson D. 1993. "Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos" Edit. Acribia, S.A. Zaragoza. España.
- Pérez, S., Matta, E., Osella, C., de la Torre, M., & Sánchez, H.D. (2013) Effect of soy flour and whey protein concentrate on cookie color. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 120-125.
- Real Decreto 1124/1982, de 30 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico Sanitaria para la Elaboración Fabricación, Circulación y Comercio de Galletas. Publicado en el BOE num.133, de 4 de junio de 1982, páginas 15069 a 15072. Dirección URL: [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Admin/rd1124-1982.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd1124-1982.html). Fecha de consulta: junio 2019
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., & Valdivia-López, M. A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, 107(2), 656-663.
- Rodríguez Carbajo, P. (2015). Elaboración de galletas sin gluten con mezclas de harina de arroz-almidón-proteína.
- Sarabhai, S., Indrani, D., Vijaykrishnaraj, M., Milind, Kumar, V.A., & Prabhasankar, P. (2015). Effect of Protein Concentrates, Emulsifiers on Textural and Sensory Characteristics of Gluten Free Cookies and its Immunochemical Validation. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3763-72
- Silva Sánchez, C. A. (2015). Evaluación técnica comercial del aprovechamiento de la semilla de chia (*Salvia hispanica*) para la elaboración de productos alternos (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2015.).
- Simopoulos, A. (2016). An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*, 8(3), 128.
- Singh, H. (2005). A study of changes in wheat protein during bread baking using SE-HPLC. *Food Chemistry*, 90(1-2), 247-250.
- Singh, M. & Mohamed, A. (2007). Influence of gluten-soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. *LWT – Food Science and Technology*, 40(2), 353– 360.
- Tarancón Serrano, P. I. (2013). Influencia de la grasa en las propiedades físicas y sensoriales de galletas. Alternativas para la mejora del perfil de ácidos grasos (Doctoral dissertation).
- Tortosa-Caparrós, E., Navas-Carrillo, D., Marín, F., & Orenes-Piñero, E. (2017). Anti-inflammatory effects of omega 3 and omega 6 polyunsaturated fatty acids in cardiovascular disease and metabolic syndrome. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(16), 3421-3429.
- UNE-EN ISO. (2010). Sensory analysis: General guidance for design of test rooms. Standard no. 8589. Retrieved from file:///C:/Users/Media/Downloads/EXT\_ONVUuzzA6qZLhnKQBMEy.pdf. Fecha de consulta: mayo 2019
- UNE 87025:1996. Sensory analysis. Methodology. Texture profile.