



# **ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE ALPISTE SOBRE LA CALIDAD DE GALLETAS SIN GLUTEN**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Curso: 2018/19

**Alumno: Alberto González Cobos**  
**Tutores: Pedro Antonio Caballero Calvo**  
**y Felicidad Ronda Balbás**

**Directora: Marina Villanueva Barrero**

**Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos**  
E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia)  
Universidad de Valladolid



# **ÍNDICE**

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	1
1 INTRODUCCIÓN .....	2
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
2.1 Materiales: .....	6
2.1.1 Método de obtención de la harina de alpiste utilizada: .....	6
2.1.2 Otros ingredientes de las galletas: .....	7
2.2 Métodos: .....	7
2.2.1 Elaboración de las galletas .....	7
2.2.2 Determinación del comportamiento reológico de las masas .....	8
2.2.3 Medida de las propiedades físicas de las galletas.....	9
2.2.4 Análisis sensorial de galletas .....	10
2.2.5 Análisis estadístico: .....	11
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
3.1 Comportamiento reológico de las masas.....	11
3.1.1 Barrido de esfuerzos .....	13
3.1.2 Barrido de frecuencias .....	14
3.2 Propiedades físicas de las galletas .....	14
3.2.1 Propiedades morfogeométricas.....	15
3.2.2 Textura .....	16
3.2.3 Color .....	17
3.3 Análisis sensorial de las galletas.....	19
4. CONCLUSIONES.....	21
5. AGRADECIMIENTOS .....	22
6. BIBLIOGRAFÍA.....	22
6. ANEXOS.....	29



## **RESUMEN**

El alpiste es un cereal invernal cultivado en zonas de clima templado. Su elevado valor nutricional y la ausencia de gluten en su composición, lo convierten en un cereal con un alto potencial para la elaboración o enriquecimiento de productos horneados para celíacos.

En el presente trabajo se han elaborado galletas sin gluten del tipo "sugar-snap" sustituyendo harina de arroz por harina de alpiste refinada o integral en dosis del 50% y 100%, con el fin de estudiar el efecto que genera la introducción de este cereal. Se estudió el comportamiento reológico de las diferentes masas. Asimismo, se evaluaron las propiedades físicas de las distintas galletas y se realizó un análisis sensorial.

Los resultados obtenidos revelaron que la introducción de alpiste reduce considerablemente la consistencia de las masas. Sin embargo, el empleo de harina integral hizo que la masa fuese más consistente que la obtenida con harina refinada. La introducción de alpiste supuso una reducción de la dureza y un aumento del factor de propagación de las galletas. Las galletas elaboradas con harina de alpiste fueron aceptadas por los consumidores, siendo las mejor valoradas aquellas que se realizaron con harina integral.

Todo ello indica que el alpiste es un ingrediente alternativo en la elaboración de galletas sin gluten. No obstante, es necesario seguir investigando sobre sus propiedades funcionales y tecnológicas con el objeto de optimizar la formulación de los productos.

## **ABSTRACT**

Canaryseed is a winter cereal grown in temperate climate zones. Its high nutritional value and the absence of gluten in its composition, make it a cereal with high potential for the development or enrichment of baked products for celiac. In this work, gluten-free sugar-snap cookies were made, replacing rice flour for refined or whole canaryseed flour in dosage of 50% and 100%, in order to study the generated effect by the introduction of this cereal. The rheological behavior of different masses was evaluated. Likewise, the physical properties of different cookies were studied, and a sensory analysis was carried out.

The obtained results revealed that the introduction of canaryseed considerably decreased the consistency of dough. However, the use of whole flour made the dough was more consistent than using refined flour. The introduction of canaryseed lowered the hardness and increased the spread factor of cookies. The cookies made with canaryseed flour were accepted by consumers, being the best valued those were made with whole canaryseed flour.

All this suggests that canaryseed is an alternative ingredient in the production of gluten-free cookies. However, further study of the functional and technological properties of this ingredient is necessary to optimize the formulation of the products.

## **1 INTRODUCCIÓN**

Se conoce como celiacía al trastorno inmunológico, causado por la ingesta de gluten y otras proteínas afines que afecta a individuos genéticamente susceptibles, derivando generalmente en una enteropatía en el intestino delgado (FACE, 2018). La enfermedad celiaca es inducida por la ingesta de gluten, que procede de cereales como el trigo, la cebada o el centeno. El gluten es una mezcla de dos tipos de proteínas de almacenamiento: las glutelinas (denominadas gluteninas en el caso del trigo), polímeros insolubles estabilizados por puentes disulfuro entre sus cadenas; y las prolaminas (o gliadinas en el caso del trigo), proteínas solubles en disoluciones de alcohol (Escobar, 2016). Las moléculas no digeridas de prolamina son resistentes a la degradación gástrica, pancreática e intestinal, por lo que permanecen en el lumen intestinal tras la ingesta del gluten. Estos péptidos pasan a través de la barrera epitelial del intestino e interactúan con células presentadoras de antígenos (Allué, 2013). Este hecho, genera una respuesta inmune que da lugar a una reacción inflamatoria de las vellosidades presentes en el intestino delgado, dificultando la absorción de nutrientes. Como consecuencia de ello, la población afectada puede padecer alteraciones digestivas que derivan en trastornos por mala absorción de nutrientes, o incluso en la destrucción de las vellosidades, si no se trata adecuadamente la enfermedad (Allué, 2018).

La enfermedad afecta aproximadamente al 1% de la población mundial (Catassi & Fasano, 2008). El único tratamiento eficaz es una estricta dieta libre de gluten durante la vida del paciente, lo cual es una ardua tarea y afecta a la calidad de vida de este (Sfoggia et al., 2013). Sin embargo, la celiacía no es la única enfermedad relacionada con el gluten. En los últimos años se han detectado otro tipo de patologías, como la sensibilidad al gluten no celiaca (SGNC) y alergia al trigo (Iacono, 2018). La incidencia de estas patologías, junto con la tendencia en aumento de personas sanas hacia el consumo de alimentos menos alergénicos, ha hecho que se incremente significativamente la demanda y el consumo de productos libres de gluten en la última década. Como consecuencia, se han realizado diferentes estudios basados en la sustitución de las harinas con gluten por harinas sin gluten de cereales y pseudocereales como son: el arroz (Sivaramakrishnan et al., 2004), el maíz, el mijo (León & Rosell, 2004), el teff (Mínguez, 2012; Santos, 2014), la quinoa (Encina et al., 2019; Enríquez et

al., 2003), el trigo sarraceno (Martínez, 2016; Torbica, et al., 2010), el amaranto (Calderón de la barca et al.,2010), además del alpiste (Tejedor, 2017; Sotiles et al., 2015) y harinas de leguminosas (Miñarro et al., 2012; Mariotti et al.,2013). La introducción de estas harinas, sustituyendo a las harinas con gluten es difícil, ya que las características tecnológicas del gluten tienen gran influencia sobre las propiedades del producto final (Taylor & Belton, 2002; Hager,et al, 2012).

Actualmente, existe una amplia oferta de productos alimenticios sin gluten como salsas, harinas de cereales permitidos y una gran variedad de productos horneados como pizzas, galletas, bizcochos, pasteles y panes. Sin embargo, el perfil nutricional de los productos manufacturados es en muchas ocasiones peor que el de sus homólogos con gluten. Esto se debe a que las propiedades funcionales que aporta el gluten son suplidas por almidones, azúcares simples o grasas saturadas, lo que puede llegar a ocasionar desequilibrios nutricionales en las dietas celiacas por falta de fibra, vitaminas o micronutrientes (Kinsey et al., 2008; Romero, 2018). La harina de arroz suele ser una de las más utilizadas en los estudios que tienen por objeto mejorar los productos libres de gluten. Ello se debe a su color blanco (similar al trigo), su suave sabor, alta digestibilidad y las propiedades hipoalergénicas que posee (Torbica et al., 2013; Marco & Rosell, 2008).

La investigación centrada en el desarrollo de alternativas y mejora de productos sin gluten es continua. No obstante, están dirigidas mayoritariamente al estudio de panes o bizcochos. Por consiguiente, hay pocos estudios sobre la elaboración de galletas sin gluten. Se puede definir el concepto de *galleta* como aquel producto cuyos componentes principales son harina, azúcar y grasa, además de presentar una baja humedad final con valores entre el 1% y el 5%. También, pueden incorporarse en la formulación otros compuestos minoritarios como levaduras, impulsores químicos, siropes, sal o emulsificantes(Pareyt, & Delcour, 2008). Hay diferentes tipos de galleta según su composición, modo de preparación y horneado. Uno de ellos son las galletas tipo “Sugar-Snap”, nombre procedente del característico sonido que produce al fracturarse y cuya composición oscila entre un 47.5-54.0% de harina, 33.3-42.0 % azúcar y 9.4-18.0% grasa (Hoseney & Rogers, 1994; Wade, 1989) .El papel que juegan los diferentes ingredientes que componen una galleta es muy distinto, y ha sido estudiado con detenimiento a lo largo del tiempo. Centrándonos en la harina, componente mayoritario en estos productos, está compuesta por un 70-75% almidón, un 10-14% de agua y un 8-11% de proteína acompañado de componentes minoritarios como lípidos. El almidón tiene una gran influencia sobre las propiedades finales de las galletas en función de sus características. Muchos estudios han demostrado que existe una relación directa entre

la cantidad de almidón dañado y las dimensiones finales de la galleta, siendo más pequeñas aquellas galletas elaboradas con un mayor porcentaje de almidón dañado (Donelson & Gaines, 1998; Miller & Hosenev, 1997; Barrera et al., 2007). Este hecho es debido a que el almidón dañado retiene una mayor cantidad de agua durante el horneado que el almidón no dañado (Manley, 2000). Las proteínas de la harina también juegan un papel importante en la calidad de las galletas, influyendo en sus dimensiones cuando la harina es el componente principal del producto, debido también a su elevada capacidad de absorber agua, que se establece como el doble de su peso (Maache-Rezzoug et al., 1998). Por último y no menos importante, tenemos el agua, tanto de hidratación de la harina como la añadida en formulación. Este ingrediente juega un papel importante en la formación de las masas ya que su principal función es la de solubilizar los ingredientes y dispersar la grasa que conforma la masa (Manley, 2000). De forma paralela, afecta al grado de expansión de la galleta durante el horneado y determina la calidad final del producto elaborado. El agua afecta a parámetros como la fracturabilidad, altamente importante en la aceptación del consumidor (Piazza & Masi, 1997; Lai & Lin, 2006).

Con objeto de mejorar la calidad de las galletas sin gluten. Se ha estudiado la modificación de la cantidad de azúcar en la formulación (Finney et al., 1950), la sustitución de parte de la harina utilizada por proteínas de distintas fuentes (Sahagún et al., 2018), la introducción de gomas (Encina et al., 2019; Vidaurre et al., 2019) o de fibras alimentarias (Martínez, 2017).

El alpiste es un cereal perteneciente a la familia de las *Poaceae*s o gramíneas y más concretamente al género *Phalaris*. Su nombre científico es "*Phalaris canariensis*". Este cereal es una gramínea anual de crecimiento invierno-primaveral que se cultiva en regiones de clima templado y cuya explotación se asemeja a la de otros cereales invernales como es el trigo o la cebada. Su primera aparición fue en las Islas Canarias (Bauhin, 1623) y más tarde se amplió su ubicación al sur de Europa. Sin embargo, hay autores que consideran a *P.brachystachys* como el progenitor de *P.canariensis*. (Oram, 2004). En la actualidad, Canadá es el mayor productor de alpiste mundial seguido de Argentina, Tailandia, Australia. España destina unas 300 hectáreas al cultivo de este cereal sólo en la comunidad de Castilla y León (Calleja, 2018).

Esta planta se caracteriza por fructiferar en cariopse. El grano es vestido por estar recubierto por dos láminas llamadas *glumelas* o *cascaras*. El color del grano vestido es amarillo o dorado y brillante. Mientras que, el grano desnudo es de color marrón oscuro, propio del salvado que lo recubre (Cogliatti, 2014).

Hasta ahora, este cereal ha sido usado en la alimentación de aves ornamentales, pero poco a poco se ha ido introduciendo en otros sectores. En la bibliografía se citan ejemplos sobre la utilización de granos de alpiste en la alimentación de animales de crianza desde aves de corral (Hucl et al., 2001) hasta cerdos (Thacker, (2003).

También son destacables sus aplicaciones medicinales. Se conoce que el alpiste es beneficioso en el tratamiento de enfermedades renales, hipertensión e hiperglucemia entre otras (Ribeiro et al., 1986; Albuquerque et al., 2007; Wright et al., 2007). Por otro lado, el alpiste es fuente de antioxidantes y proporciona carotenoides como la luteína, la zeaxantina y el betacaroteno (Li & Beta, 2012) además de compuestos fenólicos como el ácido ferúlico, cafeico y p-cumárico (Li et al., 2011).

Finalmente, cabe destacar su aplicación en la alimentación humana. En el pasado, el alpiste no podía ser consumido por los humanos debido a unos pequeños tricomas que poseía en sus glumelas. Estos pelos silíceos son muy irritantes al entrar en contacto con la piel o pulmones humanos (Putnam et al., 1996) y están relacionados con el cáncer de esófago (O'Neill et al., 1980). En 1997 se registró en Canadá la variedad "CDC María", primera variedad de alpiste sin pelo, como resultado de la mutagénesis. Esto eliminó potencialmente el riesgo que el alpiste suponía para la salud humana y comenzaron los estudios sobre composición fisicoquímica y nutricional para su inclusión en la alimentación.

En lo que respecta a su estructura, el grano se asemeja al de otros cereales como son la avena o la cebada estando compuestos por una capa de salvado que rodea al endospermo y al germen. El endospermo constituye la mayor parte del grano y su composición está basada en gránulos de almidón de distintos tamaños embebidos en una matriz proteica junto con otros cuerpos proteicos (Abdel-Aal et al., 2011).

El alpiste contiene una cantidad de almidón comparable a la de otros cereales, pero posee un elevado valor nutricional por su composición asociado a su elevado contenido en proteínas, grasa y fibra. Las harinas procedentes del alpiste poseen una composición única basada en altos porcentajes en hidratos de carbono (60%), proteínas (20%), grasas (8.5%) y fibras (6%) además de presentar un alto contenido en aminoácidos esenciales como la cisteína, el triptófano o la fenilalanina (Abdel-Aal et al., 2011; Manson et al., 2018); Esta composición permite mejorar el perfil nutricional de aquellos productos sin gluten que sean elaborados con alpiste, pues supone un incremento de fibras y otros nutrientes de los que carecen los productos actualmente comercializados para la población celiaca.

Hoy en día, podemos encontrar algunos estudios centrados en las propiedades funcionales y nutricionales de este cereal. Abdel-Aal et al. (2011) describieron la composición química del grano comparando los resultados con los conocidos para el trigo. Manson et al. (2018) se centraron en las propiedades nutricionales y los beneficios para la salud que ofrece este cereal en comparación con otros cereales. Por otro lado, varios autores centraron su investigación en el comportamiento reológico de geles de almidón (Irani et al 2016), observando el efecto de la temperatura o la adición de azúcares sobre los geles (Irani et al., 2017; Heydari et al., 2018). En contraposición, son pocos los que persiguen como objetivo la inclusión o el uso de este cereal y/o sus derivados como sustituyentes del trigo en la elaboración de productos aptos para celíacos (Sotiles et al.,2015; Tejedor, 2017).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la harina de alpiste refinada e integral en la formulación de galletas sin gluten. Para ello se evaluó el efecto de su inclusión en la formulación de "Sugar Snap Cookies" en sustitución del 50% y del 100% de harina de arroz, optimizándose el proceso de elaboración, analizándose distintos parámetros de calidad de las distintas elaboraciones realizadas y finalmente realizando una evaluación sensorial de las distintas galletas elaboradas a través de una cata. Igualmente se evaluó el comportamiento reológico de las masas con el fin de cuantificar el efecto de la adición de este ingrediente en los procesos de elaboración de productos sin gluten.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS:**

### **2.1 Materiales:**

#### **2.1.1 Método de obtención de la harina de alpiste utilizada:**

Tanto la harina refinada como la harina integral fueron obtenidas a partir de grano de alpiste para consumo humano producido en España y proporcionado por la empresa FITOPAL (Palencia, España). La harina refinada de alpiste (64.5% de hidratos de carbono, 12.20 % de humedad, 15.28% de proteína, 5.29%% de grasa, 1.98% de fibra dietética y 0.71 %de ceniza) se consiguió moliendo el grano de alpiste con un molino de laboratorio CHOPIN CD1 de rodillos. Previamente a la molienda, el grano de alpiste fue acondicionado a una humedad del 13%. Después, se realizó la molienda del grano tomando como referencia las indicaciones descritas para la molienda del trigo en la norma UNE ISO 17971:2015. Según este procedimiento, se desarrolló una primera fase de trituración tras la que se obtuvieron 3 fracciones: cascarilla, sémola gruesa (800 $\mu$ ) y

harina refinada (160 $\mu$ ). A continuación, para aumentar el rendimiento de la obtención de harina refinada, la sémola gruesa se sometió a un proceso de compresión, separando así sémola más fina y harina refinada (160 $\mu$ ). Las dos fracciones de harina obtenidas se homogeneizaron y se envasaron en condiciones de vacío en bolsas de polietileno de diferentes pesos y finalmente se congelaron a -80°C hasta su uso.

La harina integral de alpiste utilizada en el proyecto (58.2% de hidratos de carbono, 12.74 % de humedad, y 15.21% de proteína, 6.55% de grasa y 5.26% de fibra dietética y 2.04 % de ceniza) fue obtenida mediante una primera fase de trituración y cinco compresiones adicionales de la sémola obtenida, mezclándose todas las fracciones de harina generadas durante el proceso. La harina integral generada fue envasada y congelada de la misma forma que la harina refinada.

### 2.1.2 Otros ingredientes de las galletas:

Para la elaboración de las masas y galletas sin gluten se emplearon además los siguientes ingredientes: harina de arroz *MICROCERN* (11.98% humedad y 0.9% cenizas, 6,5% proteína, tamaño de partícula < 90 $\mu$ m) suministrada por Herba Ricemills, S.L.U (Sevilla, España), azúcar (Azucarera Ebro), margarina *MANTECREMA* (Vandemoortele, Barcelona, España), agua procedente de la red de suministro pública y Bicarbonato de Sodio (Manuel Riesgo S.A., Madrid, España) como impulsor químico.

## **2.2 Métodos:**

### 2.2.1 Elaboración de las galletas

Para la elaboración de las galletas de tipo “Sugar-Snap” se empleó la formulación propuesta por (Pareyt et al., 2009a) utilizando la siguiente fórmula en base a 100 g de harina: 19.4% de margarina, 31.2% de azúcar, 5.2% de agua, 43.3% de harina y 0.9% de bicarbonato, ajustando la humedad de la harina utilizada al 15% (Martínez., 2016).

Se realizaron varios ensayos preliminares con la finalidad de mejorar la apariencia y minimizar la dureza del producto. Se probaron distintos tipos de harinas de arroz con una granulometría diferente, siendo finalmente seleccionada para el estudio la harina de arroz *MICROCERN*. Se ensayaron distintas dosis de harina de alpiste refinada e integral y finalmente se establecieron porcentajes del 0%, 50%, y 100%. Se realizaron un total de 5 formulaciones diferentes: 100% harina de arroz (Control), 100% harina de

alpiste refinada (HR 100), 100% harina de alpiste integral (HI 100), 50:50 harina de arroz: harina de alpiste refinada (HR 50), 50:50 harina de arroz: harina de alpiste integral (HI 50).

El proceso de mezclado fue realizado con una batidora Kitchen Aid Profesional 5KPM50 (Kitchen Aid, Michigan, USA) con un batidor plano. En primer lugar, se mezcló la margarina y el azúcar a una velocidad 4 durante 3 minutos, hasta conseguir una crema. Posteriormente, se añadió el agua y se continuó con el “cremado” a velocidad 4 durante 2 minutos, hasta conseguir una textura de punto de pomada. Después, se agregó la harina y el bicarbonato en un mismo paso, seguido de un mezclado a velocidad 2 durante 2 minutos. Finalmente, la masa conseguida se envolvió en film transparente y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 minutos.

La masa fue laminada con una laminadora SALVA L-500-J (Salva, Lezo, España) dejando una separación entre rodillos de 6 mm y las galletas fueron troqueladas con un molde circular de 40 mm de diámetro interno.

El horneado se realizó en un horno eléctrico de bandeja giratoria Sveba Dahlen SJ2/300 (Sveba Dahlen, S.L, España). Esta etapa se optimizó con distintos ensayos previos modificando los valores de tiempo y temperatura, obteniendo los mejores resultados con un horneado a 180°C durante 8 minutos y 30 segundos. Las galletas una vez fuera del horno se dejaron enfriar durante 60 minutos antes de proceder a la medida de sus propiedades físicas.

### 2.2.2 Determinación del comportamiento reológico de las masas

El comportamiento reológico se evaluó sobre plastones de masa laminados con una separación entre rodillos de 4 mm y troquelados de la misma forma que las galletas. Se realizaron ensayos dinámico-oscilatorios de barrido de deformaciones y barrido de frecuencias con ayuda de un reómetro Kinexus Pro + (Malvern Instruments Ltd, Malven, Reino Unido) con una geometría de placas paralelas (40mm de diámetro de acero inoxidable) con superficie serrada y una separación entre placas (gap) de 3 mm. Tras ajustar el gap, se aplicó aceite de vaselina (Panreac, Panreac Química SA, Castellar del Vallés, Spain) para cubrir la superficie expuesta de la muestra y evitar que se secase durante el ensayo. Antes de realizar las pruebas mencionadas se dejó reposar la masa durante 5 minutos para posibilitar la relajación de la masa. En primer lugar, se realizó un barrido de deformaciones a una frecuencia constante de 1 Hz en un rango de deformaciones entre 0.01 y 200 %, manteniendo una temperatura constante a 25°C con

ayuda de un módulo Peltier KNX2002 C25P, apoyado sobre un baño de recirculación KNX2002 (Marven Instruments Ltd., Marven, Reino Unido), con finalidad de identificar la región viscoelástica lineal.

En base a los resultados obtenidos, se utilizó un esfuerzo dentro de la región viscoelástica lineal, equivalente a una deformación del 0.02% para realizar un barrido de frecuencias desde 10 Hz a 1 Hz. Este último ensayo nos permitió obtener valores del módulo elástico ( $G'$  (Pa)), módulo viscoso ( $G''$  (Pa)) y tangente del ángulo de desfase ( $G''/G'$ ). Los valores obtenidos para los parámetros mencionados en los barridos de frecuencias fueron ajustados a ecuaciones potenciales del tipo:

$$G'(\omega) = G'_{\omega 1} \cdot \omega^a \quad (1)$$

$$G''(\omega) = G''_{\omega 1} \cdot \omega^b \quad (2)$$

$$\tan \delta(\omega) = \frac{G''(\omega)}{G'(\omega)} = \left( \frac{G''}{G'} \right)_{\omega 1} \cdot \omega^{(b-a)} = (\tan \delta)_{\omega 1} \cdot \omega^c \quad (3)$$

Los parámetros  $G'_{\omega 1}$ ,  $G''_{\omega 1}$ , y  $\tan \delta_{\omega 1}$  representan los valores de los módulos elástico, viscoso y la tangente del desfase a la frecuencia de 1 Hz. Los coeficientes “a”, “b” y “c” son constantes experimentales que cuantifican el grado de dependencia de estos módulos y de la tangente de pérdida con la variación de frecuencia;  $\omega$  es la frecuencia angular [Hz] (Ronda et al., 2011; Ronda et al., 2013). Las muestras fueron analizadas por triplicado.

### 2.2.3 Medida de las propiedades físicas de las galletas

Las propiedades morfogeométricas se estudiaron sobre 5 galletas de cada elaboración, midiendo el diámetro y el espesor de cada una de ellas en dos diagonales diferentes. El factor de propagación se determinó dividiendo el diámetro entre el espesor de la galleta. También se evaluó la disminución de la humedad de las galletas en el horneado a través de la diferencia de peso de la galleta antes y después del horneado.

El color se evaluó tomando medidas en el centro de la parte superior de la galleta sobre 5 galletas distintas de cada elaboración. Para ello se utilizó un colorímetro PCE-CSM5 (Tobarra, Albacete, España) y el software CQCS3. Los resultados se expresaron en el sistema de coordenadas CIE  $L^*a^*b^*$  y CIE  $L^*C^*h$  con el iluminante patrón D65 y el observador de 10°.

La textura se caracterizó mediante ensayos de rotura “three point bending test” siguiendo el procedimiento descrito por Pareyt et al. (2009b). Varios estudios han

revelado que los resultados obtenidos en este tipo de ensayos utilizando sondas esféricas, se ven influenciados por el grosor de la galleta analizada, efecto que se reduce con la utilización de una sonda cortante tipo cuchilla.(Picón, 2014). Esto es debido a que, empleando una sonda esférica, la medida de la fuerza máxima se traduce en una combinación de esfuerzos cortantes y de compresión de diversas capas de la galleta y, por tanto, galletas más gruesas pueden ejercer una mayor resistencia. Sin embargo, el empleo de sondas de corte permite reducir la variabilidad asociada a la compresión ya que la geometría de la sonda produce un efecto de corte sobre la galleta, aumentando así la influencia de los módulos cortantes sobre los resultados obtenidos.

Por ello se empleó un texturómetro TA-XT2 Stable Microsystems (Godalming, Reino Unido), provisto de una cuchilla HDP/WBR (Blade set “Warner-Bratzler”) con extremo de 45° tipo cincel (Anonymous, 2014) y una base compuesta por dos apoyos de extremo redondeado separados a una distancia de 30 mm. El texturómetro estaba equipado con el software “Texture Expert”. (Ronda, 2019). Las condiciones experimentales fueron las siguientes: *trigger* de 0.05N, distancia de desplazamiento de la sonda de 10.0 mm, velocidad de pre-ensayo 1.00 mm/s, velocidad de ensayo 1.00 mm/s y velocidad post-ensayo de 10.00 mm/s Se midió la fuerza máxima de rotura (N), el área (N·s) y la distancia de rotura (mm) de un mínimo de 5 galletas por cada elaboración.

#### 2.2.4 Análisis sensorial de galletas

La evaluación sensorial de las distintas formulaciones de galletas fue realizada a través de una cata hedónica con el fin de establecer una relación entre los distintos porcentajes de los ingredientes presentes y las propiedades sensoriales de las galletas. Para ello se realizó un test afectivo de grado de aceptación cuya evaluación se basó en una escala hedónica de 9 puntos (siendo pto. 1, “me disgusta muchísimo” y el pto. 9 “me gusta muchísimo”). Los parámetros evaluados fueron: el aspecto, olor, dureza (fuerza necesaria para comprimir un alimento entre los molares), terrosidad (sensación de tener tierra en la boca), sabor y aceptación global de cada muestra analizada. La prueba fue realizada sobre 5 galletas (Control, HR 100, HR 50, HI 100 y HI 50). Las muestras fueron presentadas en platos de plástico colocadas de forma aleatoria y codificadas con números de 3 dígitos generados al azar. Además, se incluyó en la hoja de cata un cuestionario para recabar información acerca del perfil de los catadores y sus hábitos alimentarios de consumo respecto al producto elaborado. En la prueba participaron un total de 82 catadores no entrenados con edades comprendidas entre 18 y 64 años. La

mayoría de ellos eran consumidores habituales de galletas, pero no de productos “gluten free”. En el *ANEXO 1* se encuentra la Ficha de cata utilizada.

#### 2.2.5 Análisis estadístico:

Los resultados obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA simple). Se utilizó el test de Fisher (LSD) para evaluar la diferencia significativa entre las muestras, utilizando un nivel de significación del 95% ( $p < 0.05$ ). Para ello, se empleó el software Statgraphics Centurion XVIII (StatPoint Technologies Inc, Warrenton, EE.UU.)

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Comportamiento reológico de las masas**

La *Tabla 1* recoge los valores medios y grupos homogéneos obtenidos en los ensayos dirigidos al estudio de las propiedades viscoelásticas de las masas, elaboradas a base de harina de alpiste refinada e integral en dosis del 50% y 100% y harina de arroz.

Tabla 1: Datos experimentales obtenidos en los ensayos dinámico-oscilatorios.

Muestra	G' (PA)	a	G'' (PA)	b	tan (δ)	c	G' = G'' (PA)	Stress <sup>1</sup> (PA)	Strain <sup>1</sup> (%)	τ <sub>MAX</sub> (PA)
<b>Control</b>	523633 d	0.142 a	155833 d	0.30 a	0.30 a	0.054 a	1897 c	1774 c	95.0 c	803 d
<b>HR 100</b>	55593 a	0.155 ab	15920 a	0.29 a	0.29 a	0.106 c	751 a	813 a	76.7 a	27 a
<b>HI 100</b>	72177 a	0.169 b	21667 a	0.30 a	0.30 a	0.115 c	798 a	903 a	80.9 b	47 b
<b>HR 50</b>	142933 b	0.161 b	41050 b	0.29 a	0.29 a	0.095 b	947 ab	1086 b	82.8 b	113 c
<b>HI 50</b>	184867 c	0.163 b	54137 c	0.29 a	0.29 a	0.090 b	1273 b	1618 c	91.6 c	123 c
<b>ES</b>	7356	0.005	2551	0.01	0.01	0.003	118	56	1.2	3

<sup>1</sup> Esfuerzo (Stress) y deformación (Strain) en el punto de cruce de las curvas G' y G'' en el ensayo de barrido de esfuerzos/deformación  
Valores con letras distintas dentro de una misma columna indican que son significativamente diferentes. ES: error estándar agrupado

### 3.1.1 Barrido de esfuerzos

La Figura 1 muestra, los barridos de esfuerzos realizados a una frecuencia de 1 Hz para las elaboraciones *Control*, *HR 100* y *HI 100*. Estos ensayos permitieron establecer la región viscoelástica lineal (LVR) de las masas, a través de los valores de esfuerzos máximos ( $\tau_{max}$ ) que se recogen en la Tabla 1. En esta zona se produce un descenso del módulo elástico ( $G'$ ) y del módulo viscoso ( $G''$ ). Por el contrario, se produce un aumento de la tangente ( $\tan(\delta)$ ), hasta el punto de crosslink ( $G'=G''$ ) o entrecruzamiento de las curvas  $G'$  y  $G''$ .

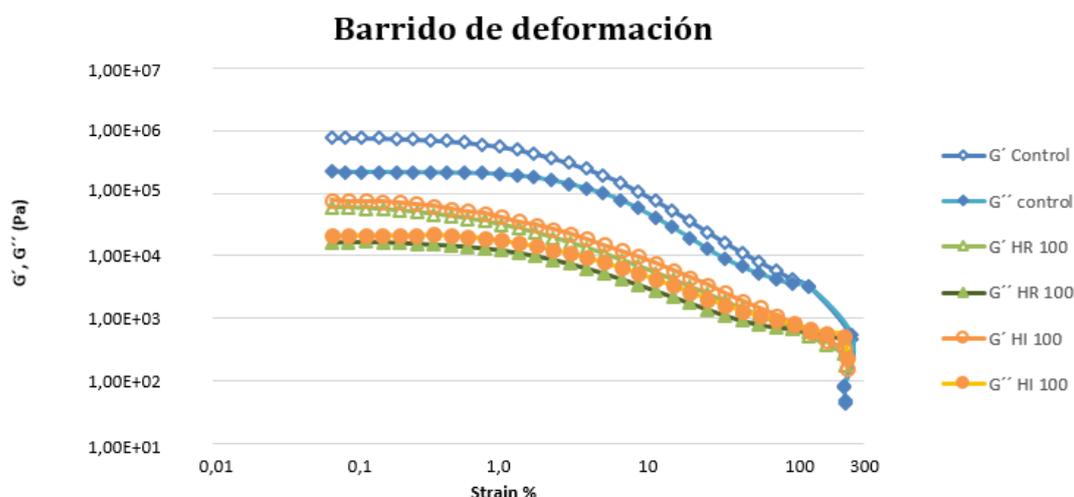


Figura 1: Barrido de deformación de las muestras *Control* y las muestras con una dosis del 100% de alpiste (*HR 100* y *HI 100*).

Como muestra la Figura 1, para valores de deformación inferiores del punto de entrecruzamiento, el módulo elástico ( $G'$ ) se situó por encima del módulo viscoso ( $G''$ ) en todos los casos, lo cual se traduce en un comportamiento predominante elástico en todas las muestras estudiadas. Estos resultados son similares a los obtenidos por (George, 2015) donde se estudió la introducción de amaranto en este tipo concreto de galletas. Los módulos más altos fueron para la muestra *Control* y los más bajos para la muestra *HR 100*. La Tabla 1 refleja valores medios obtenidos para los esfuerzos máximos ( $\tau_{max}$ ), a partir de los cuales las masas comenzaron a fragmentarse y perder su estructura interna, para las diferentes muestras elaboradas. Los valores registrados para este parámetro fueron elevados en todos los casos. La muestra *Control* registró el mayor valor, siendo este de 803 Pa. La introducción de alpiste redujo notablemente este valor, pasando a un valor en torno a 118 Pa para las muestras con una dosis de harina de alpiste del 50% (*HR 50* y *HI 50*) y un valor alrededor de 35 Pa para las muestras con una dosis del 100%. (*HR 100* y *HI 100*). Se apreció una tendencia descendente de los valores al aumentar la dosis de alpiste empleada. Los efectos de la introducción de

alpiste sobre los valores de los esfuerzos máximos fueron evaluados mediante un análisis de varianza (*Tabla 1*). Este registró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) al modificar la dosis de alpiste empleada.

### 3.1.2 Barrido de frecuencias

En *la Tabla 1* se encuentran también los valores medios obtenidos para los parámetros  $G'_{\omega_1}$ ,  $G''_{\omega_1}$ , y  $\tan \delta_{\omega_1}$  y de los exponentes “a”, “b” y “c” obtenidos mediante el ajuste de las curvas, procedentes de los barridos de frecuencia, a la ley de la potencia. Todas las muestras presentaron valores de los módulos elásticos ( $G'$ ) mayores que los obtenidos para los módulos viscosos ( $G''$ ). Ambos módulos ( $G'$  y  $G''$ ) aumentan al incrementar la frecuencia, lo cual indica una dependencia del módulo con respecto a la frecuencia. Esta dependencia aumentó en presencia de harina de alpiste sin que se observase un efecto significativo en función de la dosis y tipo de harina de alpiste. Los módulos elástico y viscoso se vieron afectados significativamente ( $p < 0.05$ ) por la presencia y dosis de harina de alpiste empleadas (0%, 50% y 100%). Los valores más altos fueron registrados para la muestra *Control* (0%), y los más bajos para las muestras elaboradas con una dosis del 100% de harina de alpiste (HR 100% y HI 100%). Las muestras con dosis del 50% (HR 50 y HI 50) tuvieron valores intermedios. En general, esta reducción de los módulos indica un descenso en la consistencia de las masas al introducir el alpiste. Efectos opuestos fueron observados como consecuencia de la sustitución de harina de arroz por trigo sarraceno, que provocó el incremento de los módulos  $G'$  y  $G''$ , conduciendo a una estructura más fortalecida (Ollomo, 2017; Plaza, 2017). Se comprobó que los módulos, tanto elástico como viscosos fueron mayores en las muestras con harina integral que en las muestras con harina refinada. Así, los valores correspondientes a las muestras *HI 50* y *HI 100* fueron mayores que para las muestras *HR 50* y *HR 100*. Esto se debe a que la introducción de fibra, procedente del salvado, al emplear la harina integral supone un aumento en la consistencia de las masas, lo cual concuerda con lo observado en estudios anteriores (Shuda et al., 2007; Martínez 2017).

## **3.2 Propiedades físicas de las galletas**

Dentro de este apartado se presentan los resultados obtenidos para los ensayos realizados con el fin de evaluar propiedades del producto terminado como son: color, textura y factor de propagación.

### 3.2.1 Propiedades morfogeométricas

El estudio morfogeométrico se realizó a partir de los valores obtenidos para las dimensiones de las galletas y el factor de propagación, calculado como el valor medio del diámetro entre el espesor de las distintas galletas. La *Tabla 2* plasma las medias y grupos homogéneos obtenidos para los distintos parámetros morfogeométricos y la pérdida de peso de las muestras estudiadas. Todas las muestras presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellas, para los parámetros: diámetro y factor de propagación. El diámetro de la galleta creció sustancialmente al introducir harina de alpiste. La consecuencia de ello es en parte el aumento de la porción de grasa en la masa (Pareyt et al., 2009c), puesto que la harina de alpiste contiene aproximadamente un 5-6% de grasa, lo que incrementa en un 2% el porcentaje de grasa en la masa respecto a la harina de arroz empleada para la muestra control. Sin embargo, esta propagación es mayor para las muestras elaboradas con harina de alpiste refinada frente a las elaboradas con harina de alpiste integral. Este hecho está directamente relacionado con el aumento del contenido en fibra, procedente del salvado, al utilizar harina integral. Al aumentar el contenido en fibra en la formulación, se incrementa las interacciones con el agua, reduciendo el agua disponible, lo cual da cohesión a la masa y disminuye el factor de propagación en el horno (Hyun-jung et al., 2014). Estos resultados están en concordancia con los de Brennan & Samyue (2004), quienes observaron la misma reducción del tamaño al introducir fibra alimentaria en la formulación de galletas. Martínez (2016) también respalda la dependencia del factor de propagación con la introducción de fibra además de comprobar que estaba influenciada en el tipo de fibra empleada (soluble o insoluble).

*Tabla 2: valores medios y grupos homogéneos de los parámetros morfogeométricos estudiados*

<b>Muestra</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Grosor (mm)</b>	<b>Factor de propagación</b>	<b>Pérdida de peso (g)</b>
<b>Control</b>	40.79 a	9.08 d	4.49 a	1.00 a
<b>HR 100</b>	58.99 e	6.69 a	8.82 e	1,28 cd
<b>HI 100</b>	57.92 d	7.59 c	7.64 d	1,36 d
<b>HR 50</b>	52.77 c	8.39 b	6.30 c	1,16 b
<b>HI 50</b>	50.27 b	8.91 d	5.65 b	1,20 bc
<b>ES</b>	0.22	0.1	0.09	0.04

Valores con letras distintas dentro de una misma columna indican que son significativamente diferentes. ES: error estándar agrupado

La pérdida de agua de las muestras durante el horneado ha sido evaluada a través de la variación del peso de las muestras antes y después del horneado. La *Tabla 2* muestra los valores correspondientes a esta variable. Se observó que la introducción de alpiste supuso un incremento en la pérdida de agua que aumentó con la dosis de alpiste

introducido. También se observó que, dentro de una misma dosis, la pérdida de agua fue superior para las muestras elaboradas con harina refinada de alpiste que con la integral. Esta tendencia puede estar relacionada con la acción de la fibra introducida y su capacidad de absorción de agua.

### 3.2.2 Textura

La textura es uno de los factores más importantes que contribuyen a la calidad sensorial de las galletas. La dureza o fuerza máxima de rotura de la galleta (Hyun-jung et al., 2014) y la fracturabilidad cuantificada por la distancia recorrida por la sonda antes de la rotura o la deformación de la galleta antes de romperse (Dapčević et al., 2013) son las propiedades más importantes para evaluar la textura de las galletas. El análisis de textura sobre galletas es complicado, ya que los valores obtenidos pueden verse influenciados por la altura de la galleta. La *Figura 2* muestra el tipo de gráficas registradas en el ensayo, donde la dureza se cuantifica por la fuerza correspondiente al pico más alto registrado y la fracturabilidad por la distancia a la cual se registra ese pico (la distancia coincide con el tiempo porque la velocidad del ensayo fue de 1 mm/s). También se cuantificó la energía empleada para fracturar la galleta a partir del área bajo la curva desde el inicio del gráfico, hasta el tiempo correspondiente al máximo (morado).

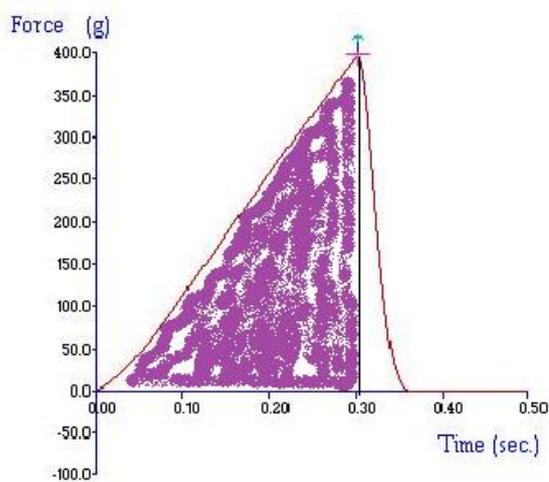


Figura 2: Gráfica tipo del ensayo de textura

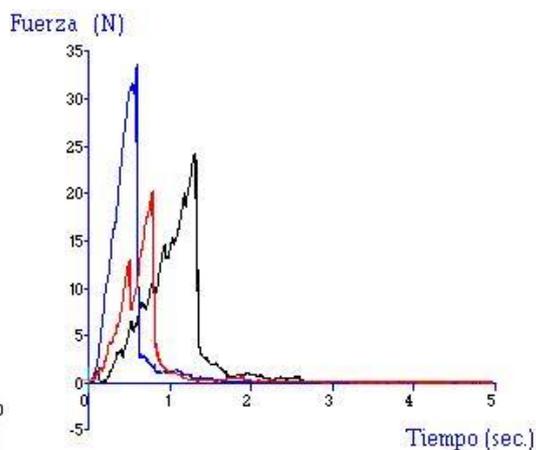


Figura 3: Gráficas representativas del ensayo de textura para las muestras: Control (azul), HR 100 (negro) y HI 100 (rojo)

La *Figura 3* muestra las gráficas proporcionadas por el programa *Texture Expert* al realizar el ensayo de rotura *three point vending test* sobre las muestras *Control*, *HR 100* y *HI 100*. En ella se refleja como la introducción de alpiste implica un aumento en la fracturabilidad al retrasar el momento de rotura de la muestra. De la misma forma, se observa cómo afecta modificar el tipo de harina empleada ya que la rotura de la muestra

ocurre a distintos tiempos. Asimismo, la *Tabla 3* muestra los resultados del análisis de varianza ANOVA aplicado sobre los datos obtenidos en el ensayo.

*Tabla 3: Medias y grupos homogéneos obtenidos para los parámetros texturales.*

<b>Muestra</b>	<b>F.max (N)</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Área (N/mm)</b>
<b>Control</b>	38.6 b	0.8 a	14.4 c
<b>HR 100</b>	22.3 a	1.5 b	9.9 b
<b>HI 100</b>	24.2 a	1.0 a	9,5 ab
<b>HR 50</b>	23,8 a	0.9 a	7.4 a
<b>HI 50</b>	24.6 a	0.9 a	8.0 ab
<b>ES</b>	0.9	0.9	0.8

Valores con letras distintas dentro de una misma columna indican que son significativamente diferentes. ES: error estándar agrupado

El valor de la fuerza máxima descendió notablemente, de 38 N para la muestra *Control* hasta valores alrededor de 23 N para las muestras con harina de alpiste en su formulación. La presencia de harina de alpiste, independientemente de la dosis y tipo, refinado o integral, redujo significativamente ( $p < 0.05$ ) la dureza de las galletas respecto a las galletas control, elaboradas con 100% harina de arroz. La reducción de la dureza experimentada al introducir el alpiste está relacionada con el aumento de la cantidad de proteínas en la masa. Este resultado se encuentra apoyado por Sarabhai et al. (2014), quienes sustituyeron hasta un 10% de harina de arroz por aislados de proteínas de soja y concentrados de suero. Dapčević et al. (2013) también comprobaron dicha disminución de la dureza al sustituir parcialmente harina de arroz por harina de trigo sarraceno. Se observó que las muestras elaboradas con harina de alpiste integral, HI, tenían valores mayores de dureza que las HR, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Esta tendencia puede indicar que la introducción de fibra supone un aumento de la dureza de las galletas y una disminución de la distancia de penetración de la sonda antes de romper la muestra. En este caso, sí se obtuvieron diferencias significativas entre los dos tipos de harina de alpiste, para la dosis del 100%. Estos resultados coinciden con los de otros trabajos basados en el enriquecimiento de galletas con fibras (Laguna et al., 2014; Mieszkowska & Marzec, 2016; Sudha et al., 2007).

### 3.2.3 Color

El color es una propiedad muy importante para la aceptación del producto por parte de los consumidores pues es considerado un factor de calidad indicativo del estado del producto (Ronda, 2019a). El color de las galletas es dependiente de varios factores, siendo uno de ellos el diferente color que poseen las harinas utilizadas en la elaboración

de la masa. Otros factores influyentes en este parámetro serían las reacciones de Maillard o la caramelización que se producen durante el horneado (Ameur et al., 2007). El color fue evaluado mediante diversas variables como son, la luminosidad ( $L^*$ ), que da cuenta de la claridad, el croma o saturación ( $C^*$ ), indicador de la pureza y viveza del color y el tono ( $h^*$ ), atributo por el cual identificamos un color. La *Tabla 4* muestra los valores obtenidos para las distintas elaboraciones.

*Tabla 4: Valores medios y grupos homogéneos de los resultados obtenidos para el color*

MUESTRA	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h$
<b>Control</b>	77.79 e	6.37 bc	29.00 c	29.69 b	77.62 c
<b>HR 100</b>	59.89 b	5.68 a	31.55 d	32.06 c	79.80 e
<b>HI 100</b>	52.72 a	6.60 c	23.49 a	24.47 a	74.31 a
<b>HR 50</b>	72.54 d	6.20 b	31.09 d	31.70 c	78.73 d
<b>HI 50</b>	62.43 c	6.30 bc	24.47 b	25.27 a	75.56 b
<b>ES</b>	0.69	0.14	0.33	0,34	0.23

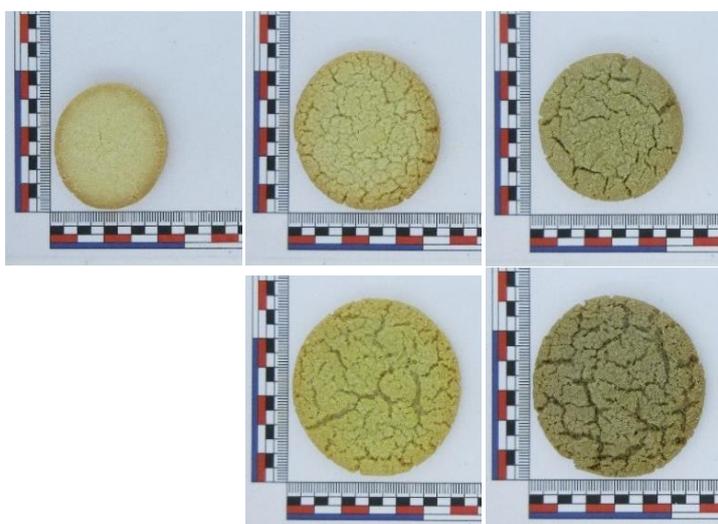
Valores con letras distintas dentro de una misma columna indican que son significativamente diferentes.

ES: error estándar agrupado

La luminosidad ( $L^*$ ) presentó valores con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para todas las muestras, siendo la galleta control la que posee una mayor claridad. La galleta elaborada con una dosis de alpiste integral del 100% (HI 100) fue la más oscura. Se puede apreciar una tendencia en la pérdida de luminosidad al aumentar el porcentaje de harina de alpiste introducido en la formulación, siendo más marcado el efecto cuando la harina utilizada fue la integral. Esto se debe a que la harina de alpiste refinada tenía un color amarillento suave, mientras que la integral presentaba un color marrón (*Figura 4*). Estos colores sustituyen al color blanquecino correspondiente a la harina de arroz y explica el oscurecimiento de las galletas al aumentar el porcentaje de harina de arroz sustituida en la fórmula.



*Figura 4: aspecto visual de las harinas de alpiste empleadas colocadas de forma radial. La harina interior (oscura) corresponde a la harina integral; La harina exterior (clara) corresponde a harina refinada*



*Figura 5: aspecto visual de las muestras estudiadas. Fila superior de izquierda a derecha: Control, HR 50, HI 50; fila inferior de izquierda a derecha: HR 100 y HI 100.*

Las coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$  son difíciles de interpretar por sí mismas. No obstante, se pueden evaluar a través del tono y la saturación.

Se apreciaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la saturación ( $C^*$ ) de las muestras en función de la harina utilizada. Las galletas elaboradas con harina refinada de alpiste presentaron los colores más vivos, con mayores valores de  $C^*$ , independientemente de la dosis, 50% o 100%. Por el contrario, los valores más bajos de  $C^*$  se obtuvieron con harina de alpiste integral; las galletas control, presentaron valores intermedios entre las elaboradas con harina de alpiste integral y refinada. Este hecho puede estar relacionado nuevamente con el color de la harina base, pues como ya hemos mencionado, los colores de las harinas de alpiste empleadas son diferentes. El análisis ANOVA realizado sobre los resultados obtenidos, indica que existen diferencias significativas entre todas las muestras estudiadas ( $p > 0.05$ ) también en el tono ( $h$ ). Los valores obtenidos para el tono ( $h$ ) fueron todos inferiores a 90, lo que sitúa a las muestras en el primer cuadrante del diagrama cromático  $a^*-b^*$ . Entre ellos, las galletas con harina refinada dieron valores más altos, colores más cercanos al amarillo, mientras que los valores más bajos, más rojizos, fueron para las galletas elaboradas con harina integral. La galleta elaborada con harina de arroz (control) dio valores de  $h$  intermedios. La *Figura 5* muestra la apariencia visual de las distintas galletas elaboradas. En ella se aprecia la variación del color de las distintas muestras tanto al cambiar el tipo de harina empleada como al aumentar la dosis.

### 3.3 Análisis sensorial de las galletas

Según algunos autores (Moskowitz & Krieger, 1995), el sabor y el olor son los atributos con mayor importancia en una galleta, seguidos de la textura y la apariencia. Los resultados del análisis sensorial quedan reflejados en la *Tabla 5*.

*Tabla 5: valores medios y grupos homogéneos para las muestras estudiadas en relación a la evaluación sensorial*

Muestra	Aspecto visual	Olor	Dureza	Sabor	Terrosidad	Apariencia global
Control	7.13 b	5.83 ab	4.4 a	5.72 b	5.51 a	5.83 a
HR 100	6.72 b	5.52 a	6.56 b	5.15 a	5.65 a	5.56 a
HI 100	6.18 a	6.15 b	6.98 bc	6.32 c	6.27 b	6.46 b
HR 50	7.11 b	5.85 ab	7.21 c	6.12 bc	6.19 b	6.41 b
HI 50	6.21 a	5.76 ab	6.66 b	6.33 c	5.91 ab	6.43 b
ES	0.15	0.16	0.16	0.19	0.17	0.15

Valores con letras distintas dentro de una misma columna indican que son significativamente diferentes. ES: error estándar agrupado

La galleta Control fue valorada positivamente para todos los parámetros estudiados a excepción de la dureza. Sin embargo, solo supera al resto de las muestras cuando se evalúa el aspecto visual. En los restantes parámetros se valoró igual o con menor puntuación que las galletas elaboradas con harina de alpiste. En lo referente al aspecto visual, se observó que las muestras más claras (Control, HR 50 y HR 100) obtuvieron mejores puntuaciones que las muestras más oscuras (HI 50 y HI 100). Esto se debe a que el aspecto visual de un producto influye considerablemente en nuestra toma de decisiones a la hora de valorar su calidad y por tanto en su aceptación (Moreno, 2017).

El atributo del olor fue valorado de forma similar para todas las muestras, destacando positivamente la galleta *HI 100*. No obstante, durante la experimentación, nos dimos cuenta de que la margarina empleada para el estudio dotaba a las muestras de un olor característico, no excesivamente agradable tras el horneado, que podría reducir la percepción del olor proporcionado por el alpiste.

En cuanto al sabor, las muestras fueron valoradas positivamente, encontrando se los mejores resultados para las galletas *HI 50* y *HI 100* y los más bajos para la galleta *HR 100*.

El elevado porcentaje de azúcar utilizado en la formulación dotó a todas las galletas de una sensación importante de terrosidad al ser consumidas. No se aprecia una tendencia clara en este parámetro asociada a la introducción de alpiste o relacionada con la dosis empleada. Sin embargo, la galleta mejor valorada fue *HI 100*, situando en el extremo contrario a la galleta *Control*.

Finalmente, los encuestados valoraron de forma positiva la apariencia global de las muestras en las cuales se había introducido el alpiste, siendo la puntuación promedio de 6.4 para todas ellas, a excepción de la muestra *HR 100*. Se estableció una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre las galletas elaboradas con alpiste frente a la galleta control, a excepción de la galleta *HR 100*.

La *Figura 6* representa de forma más visual los valores correspondientes a la *Tabla 5* pudiendo concluir que la galleta mejor valorada fue la *HI 100*.

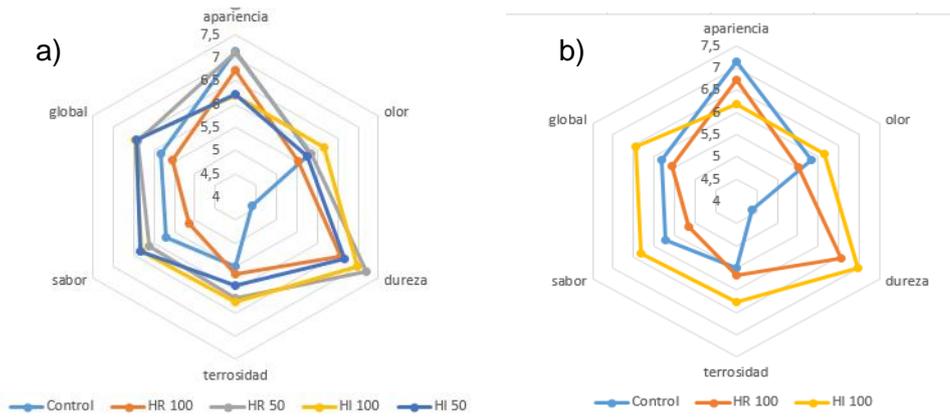


Figura 6: representación de los valores medios obtenidos en el análisis sensorial. a) todas las formulaciones estudiadas; b) elaboraciones con una dosis del 100% de cada tipo de harina (arroz, alpiste refinada, alpiste integral)

#### **4.CONCLUSIONES**

La incorporación de harina de alpiste en la formulación de galletas sin gluten supone una mejora en la calidad nutricional del producto. Esta mejora se incrementa con el uso de harina integral de alpiste debido al aporte extra de fibra respecto a la harina refinada del mismo cereal. Sin embargo, el presente estudio ha revelado que la sustitución de la harina de arroz por harina de alpiste tiene como consecuencia variaciones tanto en el comportamiento reológico de las masas, como en las propiedades físicas de las galletas. Estas modificaciones hacen recomendable la optimización de diversos parámetros de proceso antes de abordar la elaboración. Este es el caso de la granulometría de la harina de arroz empleada o el tiempo y temperatura del horneado.

En lo referido al comportamiento reológico de las masas, la inclusión del alpiste supuso un descenso en los módulos elástico y viscoso, siendo este descenso progresivo a medida que aumentaba la dosis de sustitución de la harina de arroz. También afectó a la consistencia de las masas, obteniendo valores del esfuerzo máximo, menores que para la galleta control. No obstante, se observó que el uso de harina integral frente el empleo de harina refinada supuso una mayor consistencia de las masas.

En cuanto a la textura, las galletas con alpiste tuvieron un mayor factor de propagación que la galleta control. La dureza se redujo considerablemente, siendo dentro de las galletas de alpiste, más duras las galletas elaboradas con harina integral.

Por otro lado, el análisis sensorial manifestó la aceptación de las galletas con alpiste por parte de los consumidores, siendo la galleta con una sustitución del 100% empleando harina integral de alpiste la mejor valorada globalmente.

Todo ello hace que la harina de alpiste sea un cereal alternativo para la elaboración o la mejora nutricional de las galletas. Sin embargo, es necesario seguir investigando sobre sus propiedades tecnológicas con el objeto de optimizar las formulaciones. Además de estudiar el efecto que tienen sobre él, la introducción de mejoras probadas ya en la elaboración de galletas con otras harinas libres de gluten.

## **5.AGRADECIMIENTOS**

A Pedro Antonio Caballero y Felicidad Ronda por el gran apoyo prestado durante la realización de este trabajo Fin de Máster y la elaboración de esta memoria; y a Marina Villanueva por ser mi mentora en esta rama de la investigación, nueva para mí. Agradecer al grupo de investigación Procerealtech, su acogida con los brazos abiertos, generando un ambiente de trabajo muy positivo, en el cual me he encontrado muy a gusto y el cual voy a echar de menos. Finalmente quiero agradecer a mis amigos del máster todo el apoyo que me han dado durante el curso en momentos difíciles y de estrés, sin los cuales esto habría sido muy distinto.

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto AGL2015-63849-C2-2-R financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y los Fondos Europeos para el Desarrollo Regional (MINECO /FEDER) y de los proyectos de la Junta de Castilla y León/FEDER (Ref: VA072P17 y VA165G18)

## **6.BIBLIOGRAFÍA**

- Abdel-Aal, E. S. M., Hucl, P., Shea Miller, S., Patterson, C. A., & Gray, D. (2011). Microstructure and nutrient composition of hairless canary seed and its potential as a blending flour for food use. *Food Chemistry*, 125(2), 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.021>
- Ada Ollomo, P. K. (2017). *Propiedades tecnológicas de la harina de trigo sarraceno en función de su tamaño de partícula. Aplicación en panificación sin gluten*. Universidad de Valladolid. Retrieved from <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/26556>
- Allué, I. P. (2018). ¿Qué es la enfermedad celíaca? In *curso online “Enfermedad celíaca, presente y futuro”* (2nd ed., pp. 1–4).
- Albuquerque, U. P.; Medeiros, P. M.; Almeida, A. L. S.; Monteiro, J. M.; Neto, E. M. F. L.; Melo, J. G. L. 2007. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. *J Ethnopharmacol* 114: 325-354
- Ameur, L., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G., & Birlouezaragon, I. (2007). Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures. *Food Chemistry*, 101(4), 1407–1416.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.049>

- Anonymous. (2014). Application advice - comparing cutting/shearing accessories. Retrieved August 24, 2019, from [https://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2014/12/application-advice-comparing\\_2.html](https://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2014/12/application-advice-comparing_2.html)
- Barrera, G. N., Pérez, G. T., Ribotta, P. D., and León, A. E. (2007). Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. 225:1–7.
- Brennan, C. S., & Samyue, E. (2004). Evaluation of Starch Degradation and Textural Characteristics of Dietary Fiber Enriched Biscuits. *International Journal of Food Properties*, 7(3), 647–657. <https://doi.org/10.1081/JFP-200033070>
- Calderón de la barca, A. M., Rojas Martínez, M. E., Islas Rubio, A. R., & Cabrera Chávez, F. (2010). Gluten-Free Breads and Cookies of Raw and Popped Amaranth Flours with Attractive Technological and Nutritional Qualities. *Plant Foods Hum Nutr*, 241–246. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0187-z>
- Calleja, M. (2018). El alpiste de los humanos - Mundo agrario - Diario de Valladolid. Retrieved August 4, 2019, from [http://www.diariodevalladolid.es/noticias/mundo-agrario/alpiste-humanos\\_124759.html](http://www.diariodevalladolid.es/noticias/mundo-agrario/alpiste-humanos_124759.html)
- Catassi, C., & Fasano, A. (2008). *Celiac disease*. <https://doi.org/10.1097/MOG.0b013e32830edc1e>
- Cogliatti, M. (2014). El Cultivo de Alpiste (*Phalaris canariensis* L.), (January 2012), 158. Retrieved from <http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/alpiste-1001consejos.pdf>
- Dapčević Hadnadev, T. R., Torbica, A. M., & Hadnadev, M. S. (2013). Influence of Buckwheat Flour and Carboxymethyl Cellulose on Rheological Behaviour and Baking Performance of Gluten-Free Cookie Dough. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1770–1781. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0841-6>
- Donelson and Gaines (1998): Donelson, J. R. and Gaines, C. S. (1998). Starch-water relationships in the sugar- snap cookie dough system. *Cereal Chem.* 75:660–664
- Encina-Zelada, C. R., Cadavez, V., Teixeira, J. A., & Gonzales-Barron, U. (2019). Optimization of Quality Properties of Gluten-Free Bread by a Mixture Design of Xanthan, Guar, and Hydroxypropyl Methyl Cellulose Gums. *Foods*, 8(5), 156. <https://doi.org/10.3390/foods8050156>
- Escobar, P. C. (2016). Enfermedad Celiaca: tratamiento dietético y recuperación de la mucosa intestinal. In *VII workshop Probióticos, Pebióticos y Salud: Evidencias Científicas*.
- FACE. (2018). Qué es la enfermedad celiaca. Retrieved August 21, 2019, from <https://celiacos.org/enfermedad-celiaca/que-es-la-enfermedad-celiaca/>
- Finney, K.F., Yamazaki, W.T., Morris, V.H., 1950. Effects of varying quantities of sugar,

- shortening, and ammonium bicarbonate on the spreading and top grain of sugar-snap cookies. *Cereal Chemistry* 27, 30–41
- Hager, A.-S., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.005>
- Heydari, A., Razavi, S. M. A., & Irani, M. (2018). Effect of temperature and selected sugars on dilute solution properties of two hairless canary seed starches compared with wheat starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 108, 1207–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.026>
- Hoseney, R. C., & Rogers, D. . (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. *The Science of Cookie and Cracker Production*, 203–225. <https://doi.org/10.1002/star.19870390416>
- Hucl, P.; Matus-Cadiz, M.; Vandenberg, A.; Sosulski, F. W.; Abdel-Aal, E. S. M.; Hughes, G. R.; Slinkard, A. E. 2001a. CDC Maria annual canarygrass. *Canadian Journal Plant Science* 81: 115–116.
- Hyun-jung, C., Ahra, C., & Seung-Taik, L. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LTW-Food Science and Technology*, 57, 260–266. Retrieved from [doi=10.1016/j.lwt.2014.08.007](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.007)
- Iacono, O. Lo. (2018). ¿Sensibilidad al gluten no celíaca síndrome de intolerancia al trigo? En curso online “Enfermedad celíaca, presente y futuro” (2nd ed., pp. 137–142).
- Inglett, G. E., Chen, D., & Liu, S. X. (2015). Physical properties of gluten-free sugar cookies made from amaranth-oat composites. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 214–220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.056>
- Irani, M., Razavi, S. M. A., Abdel-Aal, E. S. M., Hucl, P., & Patterson, C. A. (2016). Dilute solution properties of canary seed (*Phalaris canariensis*) starch in comparison to wheat starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 87, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.02.050>
- Irani, M., Abdel-Aal, E. S. M., Razavi, S. M. A., Hucl, P., & Patterson, C. A. (2017). Thermal and functional properties of hairless canary seed (*phalaris canariensis* L.) starch in comparison with wheat starch. *Cereal Chemistry*, 94(2), 341–348. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-16-0083-R>
- Kinsey, L., Burden, S. T., & Bannerman, E. (2008). A dietary survey to determine if patients with coeliac disease are meeting current healthy eating guidelines and how their diet compares to that of the British general population. *European Journal of Clinical Nutrition*, 62(11), 1333–1342. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602856>
- Laguna, L., Sanz, T., Sahi, S., & Fiszman, S. M. (2014). Role of Fibre Morphology in

- Some Quality Features of Fibre-Enriched Biscuits. *International Journal of Food Properties*, 17(1), 163–178. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.619024>
- Lai, H.-M. and Lin, T.-C. (2006). Bakery Products: Science and Technology. pp. 3–65. In: Bakery Products: Science and Technology. Hui, Y. H., Corke, H., De Leyn, I., Nip, W.-K., and Cross, N., Eds., Blackwell Publishing, Ames, USA.
- Li, W.; Beta, T. 2012. An evaluation of carotenoid levels and composition of glabrous canaryseed. *Food Chemistry* 133:782–786.
- Li, W.; Qiu, Y.; Patterson C. A.; Beta, T. 2011. The analysis of phenolic constituents in glabrous canaryseed groats. *Food Chemistry* 127:10–20
- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.-M., Allaf, K., and Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *J. Food Eng.* 35:23–42.
- Mason, E., L'hocine, L., Achouri, A., & Karboune, S. (2018). Hairless canaryseed: A novel cereal with health promoting potential. *Nutrients*, 10(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu10091327>
- Marco, C., & Rosell, C. M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 227(4), 1205–1213. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0838-6>
- Mariotti, M., Pagani, M.A. and Luciano, M. (2013). The Role of Buckwheat and HPMC on the Breadmaking Properties of some Commercial Gluten-Free Bread Mixtures. *Food Hydrocolloids*, 1, vol. 30, no. 1, pp. 393-400.
- Martínez Mancebo, C. et al. (2017). Original article Effect of the addition of soluble (nutriose, inulin and polydextrose) and insoluble (bamboo, potato and pea) fibres on the quality of sugar-snap cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, 1–8. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13566>
- Martínez Mancebo, C., Gómez Pallarés, M., & Caballero Calvo, P. A. (2016). *Reformulación de panes y galletas de masa corta sin gluten: cambios en la reología de las masas y en la calidad de los productos*. universidad de Valladolid.
- Mieszkowska, A., & Marzec, A. (2016). Effect of polydextrose and inulin on texture and consumer preference of short-dough biscuits with chickpea flour. *LWT*, 73(73), 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.036>
- Miller and Hosney, 1997): Miller, R. A. and Hosney, R. C. (1997). Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread. *Cereal Chem.* 74:330–336
- Mínguez Díez, J. (2012). Caracterización de la harina de teff para su uso en panificación. Retrieved from <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/2030>
- Miñarro, B., Albanellb, E., Aguilara, N., Guamisa, B & Capllas, M.(2012). Effect of Legume Flours on Baking Characteristics of Gluten-Free Bread. *Journal of Cereal*

- Science, 9, vol. 56, no. 2, pp. 476-481.
- Moreno-Arribas, M. V. (2017). La importancia del color en los alimentos. *Revista Alimentaria*. Retrieved from [https://www.revistaalimentaria.es/fotos\\_noticias/PDF4752.pdf](https://www.revistaalimentaria.es/fotos_noticias/PDF4752.pdf)
- Moskowitz, H. R., & Krieger, B. (1995). The contribution of sensory liking to overall liking: An analysis of six food categories. *Food Quality and Preference*, 6(2), 83–90. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(95\)98552-T](https://doi.org/10.1016/0950-3293(95)98552-T)
- O'Neill, C. H.; Hodges, G. M.; Riddle, P. N.; Jordan, P. W.; Newman, R. H.; Flood, R. J.; Toulson, E. C. 1980. A fine fibrous silica contaminant of flour in the high oesophageal cancer area of north-east Iran. *International*
- Oram, R. N. (2004). *Phalaris canariensis* is a domesticated form of *P. brachystachys*. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 259–267
- Pareyt, B., Delcour, J. A., Pareyt, B., & Delcour, J. A. N. A. (2008). The Role of Wheat Flour Constituents , Sugar , and Fat in Low Moisture Cereal Based Products : A Review on Sugar-Snap Cookies. *Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408390701719223>
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2009a). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010>
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2009b). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 400–408. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2008.07.010>
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2009c). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 400–408. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2008.07.010>
- Piazza, L. and Masi, P. (1997). Development of crispness in cookies during baking in an industrial oven. *Cereal Chem.* 74:135–140
- Picón Pineda, J., & Gómez Pallarés, M. (2014). *Estudio de la influencia del tipo de harina en el desarrollo de galletas sin gluten*. Valladolid. Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6603/TFM-L173.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Plaza Calzada, M. (2017). *Modificación física de harina de trigo sarraceno. Impacto sobre la reología de las masas y la calidad de los panes sin gluten*. Universidad de Valladolid. Retrieved from <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/29442>

- Putnam, D. H.; Miller, P. R.; Hucl, P. 1996. Potential for production and utilization of annual canarygrass. *Cereal Food World* 41: 75-83
- Ribeiro, R. de A; Fiuza de Melo M. M.; De Barros F.; Gomes C.; Trolin, G. 1986. Acute antihypertensive effect in conscious rats produced by some medicinal plants used in the state of São Paulo. *Journal of Ethnopharmacology* 15: pp. 261-269
- Romero, M. C. C. (2018). La dieta sin gluten. In *curso online "Enfermedad celíaca, presente y futuro"* (2nd ed., pp. 121–126).
- Ronda Balbás, F. (2019a). *Propiedades físicas de los alimentos*: Color. Palencia.
- Ronda Balbás, F. (2019b). *Propiedades físicas de los alimentos*. Palencia.
- Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A., & Pando, V. (2011). Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102(3), 272–277. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.09.001>
- Ronda, F., Pérez-Quirce, S., Angioloni, A., & Collar, C. (2013). Impact of viscous dietary fibres on the viscoelastic behaviour of gluten-free formulated rice doughs: A fundamental and empirical rheological approach. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 252–262. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.014>
- Sahagún, M., & Gómez, M. (2018). Influence of protein source on characteristics and quality of gluten-free cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4131–4138. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3339-z>
- Santos Barrales, D., & Ronda Balbás, F. (2014). *nriquecimiento de pan con harinas de teff de diferentes variedades. evaluación de su calidad física y sensorial*. Universidad de Valladolid. Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6519/TFM-L134.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Sarabhai, S., Indrani, D., Vijaykrishnaraj, M., Milind, Arun Kumar, V., & Prabhasankar, P. (2014). 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), 3763–3772. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1432-5>
- Sfoggia, C., Longarini, G., Costa, F., Vázquez, H., Mauriño, E., & Bai, J. C. (2013). Calidad de vida y distrés psicológico en la enfermedad celíaca. In *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca* (pp. 25–43). <https://doi.org/10.3926/oms.181>
- Sotiles, A. R., Daltoé, M. L. M., Lima, V. A. de, Porcu, O. M., & Cunha, M. A. A. da. (2015). **Technological use of green banana and birdseed flour in preparing cookies.** *Acta Scientiarum. Technology*, 37(4), 423.

<https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i4.27200>

- Sudha, M. L., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. (2007). Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 100(4), 1365–1370. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.013>
- Tejedor Pérez, L., Ronda Balbás, F., Caballero Calvo, P. A., & Villanueva Barrero, M. (2017). *Estudio de las propiedades reológicas de las masas de harina de alpiste y su aplicabilidad en la elaboración de productos horneados*. universidad de Valladolid.
- Torbica, A., Hadnađev, M. and Dapčević Hadnađev, T. (2012). Rice and Buckwheat Flour Characterisation and its Relation to Cookie Quality. *Food Research International*, 8, vol. 48, no. 1, pp. 277-283
- Thacker, P. A. 2003. Performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing graded levels of canaryseed. *Canadian Journal of Animal Science* 83: 89-93.
- Vidaurre-Ruiz, J., Matheus-Diaz, S., Salas-Valerio, F., Barraza-Jauregui, G., Schoenlechner, R., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2019). Influence of tara gum and xanthan gum on rheological and textural properties of starch-based gluten-free dough and bread, 245, 1347–1355. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03253-9>
- Wade, P. (1988). *Biscuits, Cookies and Crackers: The Principles of the Craft*, volume 1. Elsevier Applied Science, London (UK) and New York (USA).
- Wright, C. I.; Van-Buren, L.; Kroner, C. I.; Koning, M. M. G. 2007. Herbal medicines as diuretics: a review of the scientific evidence. *Journal of Ethnopharmacology* 114: 1-31.
- Yaguez, J. L. 2002. *Alpiste: un cultivo olvidado*. Convenio INTA - Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires.

## **6.ANEXOS**

### Anexo I: Modelo de la ficha de cata

#### **FICHA DE CATA**

Ante usted hay cinco muestras de galleta para que las evalúe en cuanto a los atributos establecidos.

Puntúe cada uno de los parámetros solicitados del 1 al 9 en función de la siguiente escala. (Recuerde beber agua entre muestra y muestra).



	366	648	725	620	128
Apariencia					
Olor					
Dureza					
Terrosidad					
Sabor					
Aceptación global					

Observaciones (comente las características de cada una de las galletas que más le han llamado la atención)

---

---

---

---

---

---

---

---

**POR FAVOR, RELLENAR EL CUESTIONARIO DEL REVERSO**

## **CUESTIONARIO**

Para finalizar, por favor, conteste a las siguientes preguntas, marcando con una cruz la opción elegida.

Sexo:            H             M

Edad:

De 18 a 24 años             De 25 a 34 años             De 35 a 44 años  
 De 45 a 54 años             De 55 a 64 años             Más de 65 años

¿Es usted consumidor habitual de galletas?

Sí  
 No

¿Consumo frecuentemente productos integrales?

Sí  
 No

¿Consumo frecuentemente productos sin gluten?

Sí  
 No

¿Estaría dispuesto a pagar más dinero por un producto enriquecido nutricionalmente?

Sí  
 No

¿Conocía el alpiste para consumo humano antes de realizar la cata?

Sí  
 No

**MUCHAS GRACIAS POR REALIZAR LA CATA**