



ESTUDIO DE LA SUSTITUCIÓN DE GRASAS EN GALLETAS DE TRIGO Y MAÍZ BLANCO

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Curso: 2018/19

Alumna: Cecilia Moralejo Carral

Tutor: Manuel Gómez Pallarés

Tutora externa: Mayara Lopes Da Silva Belorio

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

Resumen

El psyllium es una importante fuente de fibra, con excelentes ventajas nutricionales, y con funcionalidad similar a algunos hidrocoloides. Así, el psyllium tiene potencial para sustituir grasa en ciertas elaboraciones alimentarias. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la sustitución de la grasa presente en galletas de trigo y maíz (sin gluten) con distinta cantidad de agua y psyllium. Se analizó la reología de las masas, las propiedades físicas de las galletas (dimensiones, color, textura y humedad) y su aceptabilidad. La sustitución de grasa por pasta de psyllium redujo los valores de G' y G'' de las masas, en mayor medida en las masas sin gluten, así como el diámetro medio y el factor de expansión. Las galletas sin grasa presentaron colores más blanquecinos y, en el caso de las maíz, con mayores valores de b^* . Las galletas sin grasa también resultaron más duras y húmedas, especialmente en las de trigo que las originales, aunque en el caso de las galletas de trigo una mayor cantidad de agua en la pasta de psyllium pudo reducir la dureza final. La aceptabilidad de las galletas también se redujo al eliminar la grasa, pero este efecto fue mayor en las galletas sin gluten.

Palabras clave: galletas, trigo, maíz blanco, psyllium, libre de grasas

Abstract

Psyllium is an important source of fiber, with excellent nutritional advantages, and with functions similar to some hydrocolloids. Thus, psyllium has the potential to replace fat in certain food processing. The aim of this work is to study the effect of replacing the fat present in wheat and corn cookies with the amount of water and psyllium. The rheology of the masses, the physical properties of the cookies (dimensions, colour, texture and moisture) and their acceptability were analyzed. The replacement of the fat by the psyllium paste reduced the G' and G'' values of the doughs, to the greatest extent in the gluten-free doughs, as well as the medium and the spread factor. The fat-free cookies were in pale colours and in the case of corn, with higher results of b^* . The fat-free cookies were also harder and moister, especially in wheat than the original ones, although in the case of wheat cookies, a greater amount of water in the psyllium paste could reduce the final hardness. The acceptability of cookies was also reduced to the removal of fat, but this effect was greater in gluten-free cookies.

Keywords: cookies, wheat, white corn, psyllium, fat-free

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Materiales.....	8
3.2 Métodos	9
3.2.1 Formulación galletas	9
3.2.2 Propiedades reológicas de las masas.....	10
3.2.3 Propiedades físicas galletas	10
3.2.4 Evaluación sensorial y estudio de consumidores	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1 Propiedades reológicas de las masas.....	12
4.2 Propiedades físicas galletas	14
4.3 Evaluación sensorial y estudio de consumidores	22
5. CONCLUSIONES.....	24
6. BIBLIOGRAFÍA.....	25

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, una de las tendencias que encontramos en el sector de la alimentación es el aumento de la demanda, por parte del consumidor, de productos más saludables o con características funcionales (Fradinho & Nunes, 2015). La utilización de fibras dietéticas es de gran importancia en este sector debido a su asociación con una dieta equilibrada y su papel ampliamente estudiado en la disminución de enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y algunos cánceres (Rana et al., 2012).

Una excelente fuente de fibra dietética que se ha empleado en suplementos y productos alimenticios por sus efectos beneficiosos demostrados para la salud es el psyllium. Esta fibra dietética mucilaginoso y soluble deriva de la cáscara de la semilla de *Plantago psyllium*, una planta que se cultiva en la región del Mediterráneo, India o China entre otras (Wärnberg et al., 2009; Wei et al., 2009). El polisacárido bioactivo de las cáscaras de semillas de psyllium es un tipo de arabinoxilano, cuya composición molecular es: 75% de xilosa, 23% de arabinosa y trazas de otros azúcares (Fischer et al., 2004).

El mucílago del psyllium se ha utilizado ampliamente como un suplemento de fibra para la prevención y tratamiento del estreñimiento. Así mismo, debido a su gran capacidad para retener el agua, provoca el ralentizamiento en el tiempo de vaciado gástrico y el tránsito del colon por lo que resulta adecuado para las personas con incontinencia fecal debida a heces líquidas o diarrea (Wärnberg et al., 2009; Thari et al., 2019; Gélinas, 2013).

Del mismo modo, otros estudios indican mejoras de los marcadores lipídicos (colesterol LDL, apolipoproteína B, colesterol no HDL...) lo que potencialmente ayuda al retraso en el proceso de riesgo de enfermedades cardiovasculares asociado a la aterosclerosis en personas con o sin hipercolesterolemia (Jovanovski et al., 2018). La terapia con psyllium (5,1 gramos/día) es un complemento eficaz de la intervención dietética y puede proporcionar una alternativa al tratamiento con medicamentos para algunos pacientes que padecen hipercolesterolemia (Anderson et al., 2018). Además, se ha comprobado su efecto como reductor de los niveles de glucemia y lípidos en ratones diabéticos y la prevención del cáncer de colon (Czuchajowska et al., 1992; Wärnberg et al., 2009).

Cabe mencionar que otras fibras solubles no viscosas o de baja viscosidad tales como maltodextrinas del trigo, inulinas o fibras insolubles como salvado de trigo no

proporcionan estas ventajas para la salud dependientes de la viscosidad previamente mencionadas. La fibra debe ser capaz de resistir la fermentación en el intestino grueso con el fin de permanecer intacta en las heces y aumentar significativamente el contenido de agua de las mismas, proporcionando un efecto laxante (Lambeau & McRorie, 2017).

A nivel tecnológico, el psyllium ha sido empleado en la industria por su alta capacidad de retención de agua y estabilidad a distintos niveles de pH y temperatura. Además, se comporta de forma similar a ciertos hidrocoloides, teniendo potencial espesante y emulgente, por lo que ha sido utilizado para reemplazar aditivos alimentarios y sustituir grasas (Beikzadeh et al., 2016; Zandonadi et al., 2009).

En Estados Unidos y Canadá podemos encontrar declaraciones de salud en relación al consumo de psyllium. En 1998, FDA (Food Drugs Administration) aprobó en Estados Unidos, como declaración de propiedades saludables, la vinculación de la fibra de psyllium con la disminución del riesgo de enfermedad coronaria. Mientras que, en Canadá la declaración de salud es distinta, esta se encuentra enfocada a la reducción del colesterol en la sangre.

En estos países, la cantidad diaria referida a la declaración son 7 gramos, siendo la cantidad mínima que produce esos efectos beneficiosos (Food and Drugs Administration, 1998; Health Canada, 2011).

Aunque en el presente trabajo nos centraremos en la aplicación del psyllium en galletería, se han realizado varios estudios sobre su inclusión en diferentes productos de tipo alimentario como: panes (Man et al., 2017; Kamaljit et al., 2011) panes sin gluten (Zandonadi et al., 2009), bizcochos (Beikzadeh et al., 2016), muffins (Lee & Puligundla, 2016) cereales de desayuno (Olson et al., 1997) y mayonesas (Amiri Aghdaei et al., 2014) ya sea con finalidad tecnológica y/o mejora de la salud. Por lo tanto, debido a la escasa información general, la investigación del psyllium en otro gran sector alimentario como son las galletas se considera de gran interés.

Las **galletas** son un producto horneado cuyos principales ingredientes son harina, azúcar y grasa. También pueden incluir otros secundarios como sal, emulsificantes, impulsores químicos, siropes, entre otros (Pareyt & Delcour, 2008).

La grasa en las galletas ejerce un papel fundamental, mejorando el sabor, apariencia, textura y proporcionando lubricidad. Además, la grasa interviene en la transferencia de

calor y la expansión (más grasa, mayor spread factor) (Lai & Lin, 2006; Pareyt & Delcour, 2008).

La reducción del contenido de grasa de la masa requiere más agua para obtener consistencias adecuadas (Pareyt & Delcour, 2008). Sin embargo, esta cantidad de agua superior, hace que la hidratación de la proteína sea mayor y se forme la red de gluten en el caso de galletas elaboradas con harina de trigo (Manley, 2000). Así mismo, otros parámetros texturales que aumentan son: la cohesividad, adhesividad y elasticidad (Sudha et al., 2007). Los principales problemas que encontramos al reducir la grasa en las galletas están relacionados con el desarrollo del gluten, con la manipulación de la masa y cambios que se producen durante el horneado (Manley, 2000).

Debido a que este nutriente, especialmente las grasas de tipo saturadas, está asociado a diversas enfermedades, y a la creciente demanda por parte del consumidor de productos bajos en grasas (Colla et al., 2018; Chugh et al., 2013), las industrias alimentarias en algunos casos, han optado por sustituirlo por otro tipo de ingredientes.

Para la sustitución de esta grasa en galletería se suele recurrir a fibras tales como maltodextrinas y povidonas llegando a reducir hasta un 70% del contenido final de grasa (Sudha et al., 2007). A nivel sensorial, las mejores valoraciones de las galletas con reducción de grasa respecto a la aceptabilidad general, apariencia y sabor las obtuvieron las galletas con menor contenido de sustitución de grasas (50%) y maltodextrina (Sudha et al., 2007).

Otros autores proponen la inulina y la hidroximetilcelulosa como alternativa en galletería, pero en el caso de la inulina no se puede alcanzar porcentajes de reemplazo de grasa superiores al 15%-20% porque las masas de galletas que contenía inulina se caracterizaron por una mayor dureza, adherencia y propiedades viscoelásticas que se incrementaron, al aumentar la sustitución de grasa y podría perjudicar las propiedades sensoriales (Laguna et al., 2014; Krystijan et al., 2015).

Por otra parte, como sustituto de grasa en las galletas se empleó oatrim, un gel o polvo compuesto por amilodextrinas y glucanos (5-10%), que permitió reducir entre la mitad y la totalidad de las grasas, aunque se registraron disminuciones en parámetros texturales como dureza y fragilidad y aumento del parámetro L* de color (Wekwete & Navder, 2007; Swanson et al., 1997). Mientras que, con el puré de frijoles y el puré de guisantes se consiguió reducir hasta un 75%, con un impacto menor en las propiedades físicas (aumento de la humedad) al compararlo con el oatrim y un mayor

color y sabor teniendo en cuenta las propiedades sensoriales (Romanchik-Cerpovicz et al., 2018; Colla et al., 2018). También se ha estudiado almidones de arroz nativos y modificados para la sustitución parcial de grasa en galletas. El porcentaje adecuado fue del 20%. Al añadir almidón, el grosor de la galleta aumentó pero, el spread ratio disminuyó. La sustitución total de grasa no fue posible puesto que esta, ejerce una función importante al facilitar el manejo mecánico de la masa (Lee & Puligundla, 2016). Otro ejemplo son los fructanos derivados de *Agave agustifolia* de alto grado de polimerización al 10% con diferentes reemplazos de grasa (10%, 20% y 30%). El análisis sensorial reveló que las muestras tenían mayor dureza y color así como, menor crujencia y dulzor en comparación con el control (Santiago-García et al., 2017).

Es conveniente resaltar que los artículos que estudian la inclusión de psyllium en las galletas son bastante limitados. La mayoría de ellos, están enfocados en el aumento del contenido de fibra del producto para obtener "health claim" aceptada por la FDA. Además, varios autores coinciden en que la fibra de psyllium aunque tiene efectos fisiológicos beneficiosos, su alta viscosidad podría dificultar la aplicación del mismo en los productos alimentarios y conseguir la aprobación de los consumidores a esas concentraciones de psyllium (Wärnberg et al., 2009; Fradinho et al., 2015 ; Raymundo et al., 2014).

Galletas con diferentes cantidades de harina (48%-52%) y psyllium (3-9%) fueron estudiadas. La formulación óptima de galletas enriquecidas con fibra de psyllium se obtuvo con un 6% de psyllium y un 48% de harina de trigo. Esta investigación demostró que mayor incorporación de psyllium conduce a la producción de galletas más pequeñas (menor spread ratio) (Fradinho et al., 2015).

En el estudio llevado a cabo por Raymundo et al. (2014) se quiso evaluar diferentes concentraciones de psyllium en galletas (3%-9%) con diferentes cantidades de harina. Se observó que a nivel textural, el aumento del contenido de fibra y un 50% de harina de trigo, provocan un aumento de la firmeza de la masa, paralelo a un aumento de su adhesividad y a un aumento menos marcado de la elasticidad y disminución de la cohesividad.

Zbikowska et al. (2018) investigaron la calidad de las galletas con un contenido reducido en grasa, con y sin gel o polvo de celulosa microcristalina en la composición de la receta y enriquecidos con psyllium. Se demostró que reemplazar entre 25 y 75% de grasa en las galletas perjudica sus cualidades sensoriales y físicas (galletas más duras y con color menos intenso al disminuir el contenido de grasa). Finalmente, se

escogió como sustituto de grasa el reemplazado con 25% de polvo de celulosa microcristalina. Mientras que la adición de 3 y 5% de psyllium a galletas bajas en grasa, incluidas al polvo o gel de celulosa aumentó su dureza y deterioró su calidad sensorial.

En conclusión, todos los artículos detallados muestran problemáticas derivadas de la sustitución de grasas, principalmente a nivel de textura, reología o la aceptabilidad por parte del consumidor. Por ello, es importante estudiar otras formas de sustitución con el fin de obtener una formulación óptima. Dadas las escasas evidencias científicas relacionadas con la inclusión de psyllium en galletería y el potencial de este como parte de un alimento funcional, se ha propuesto en este trabajo, la elaboración de distintas formulaciones de galletas diferenciadas principalmente por el tipo de harina empleada (trigo y maíz blanco) y el estudio de esas propiedades físicas y características sensoriales que se ven afectadas en otras investigaciones.

2. OBJETIVO

El objetivo principal de este estudio se fundamenta en la evaluación del efecto de la sustitución de grasa presente en galletas de harina de trigo y maíz (sin gluten), elaboradas con diferentes cantidades de psyllium y agua.

Por ello, se tendrán en cuenta las propiedades tecnológicas y sensoriales de las distintas galletas a partir de los estudios reológicos, propiedades físicas (humedad, spread factor, color y atributos de textura) y sensoriales (olor, sabor, textura y valoración global a partir de la cata realizada).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para la elaboración de las galletas empleamos **harina de trigo** (humedad 10,32%, proteína 9%) (Comercial Gallo S.A.U, Barcelona, España), **harina maíz blanco** (humedad 8,87%, proteína 4,58%) (Molendum Ingredients, Zamora, España), **azúcar blanco** (Azucarera Iberia SL, Valladolid, España), **margarina 100% vegetal** (Puratos Argenta, Barcelona, España), **bicarbonato sódico** (Manuel Riesgo S.A., Madrid, España), **vitacel psyllium P95** (Rettenmaier Ibérica, Barcelona, España) y **agua del grifo**.

3.2 Métodos

3.2.1 Formulación galletas

Las galletas elaboradas con harina de trigo y harina de maíz blanco fueron obtenidas, utilizando las formulaciones presentadas en la tabla 1. Se realizaron galletas con proporciones distintas de psyllium ($1/n$) y agua ($(n-1)/n$), donde "n" indica el número total de partes de la mezcla psyllium + agua. Al final, se obtuvieron galletas con 3 humedades distintas, con un total de 8 formulaciones. Debido a la menor consistencia de la harina de maíz blanco, las galletas de maíz requirieron inicialmente 10g menos de agua en comparación con las galletas de harina de trigo. Además, el contenido de humedad de las formulaciones fue corregido al 15%. La cantidad de agua para elaborar las pastas de psyllium fue seleccionada en función de la maquinabilidad de las masas. Las pastas con menos agua generaron masas excesivamente secas y quebradizas que no se pudieron laminar. Las pastas con mayores contenidos de agua generaban masas excesivamente pegajosas y difíciles de laminar.

Mezclamos todos los ingredientes en una batidora Kitchen Aid 5KPM50 (Kitchen Aid, Benton Harbor, Michigan, Estados Unidos), con el accesorio mezclador. En las muestras controles se calentó previamente la margarina en el microondas durante 1 minuto a 1000 watios de potencia y se agregó esta sobre el azúcar. Por su parte, en el resto de las muestras, se añadió la mezcla psyllium y agua al azúcar, con las proporciones indicadas en la tabla 1. Mezclamos estos ingredientes durante 3 minutos a velocidad 4, parando cada minuto para separar toda la masa pegada en los bordes e incluirla en el resto de la masa. Posteriormente, se echó el agua de la formulación y se mezcló durante 2 minutos a velocidad 4 ininterrumpidamente. Por último, se añadió la mezcla de harina y bicarbonato sódico durante dos minutos a velocidad 2 interrumpiendo cada 30 segundos para eliminar los restos adheridos a los bordes de la batidora. Una vez mezclada la masa, se colocó en un film transparente y se mantuvo durante 30 minutos a temperatura controlada (25°C). Posteriormente, la masa fue laminada a 3mm de espesor utilizando una laminadora Salva L-500-J (Salva Industrial S.A, Lezo, España) y fue cortada en discos de 60mm de diámetro para el análisis reológico. Así mismo, la masa destinada a la elaboración de galletas, fue laminada a 6mm de espesor y cortada a 40mm. El horneado se realizó en un horno Salva E-20 (Salva Industrial S.A, Lezo, España) a 185°C durante 14 minutos en todas las muestras.

Tabla 1: Composición de las distintas formulaciones de galletas

						1/n	(n-1)/n
Muestras	Harina (g)	Azúcar (g)	Margarina (g)	Bicarbonato (g)	Agua (g)	Psyllium (g)	Agua (g)
Control HMB	173,20	124,80	77,60	3,60	15,00	-	-
HMB n=4	173,20	124,80	-	3,60	15,00	19,40	58,20
HMB n=5	173,20	124,80	-	3,60	15,00	15,52	62,08
HMB n=6	173,20	124,80	-	3,60	15,00	12,93	64,67
Control HT	173,20	124,80	77,60	3,60	25,00	-	-
HT n=4	173,20	124,80	-	3,60	25,00	19,40	58,20
HT n=5	173,20	124,80	-	3,60	25,00	15,52	62,08
HT n=6	173,20	124,80	-	3,60	25,00	12,93	64,67

HT: Harina de trigo; HMB: Harina de Maíz Blanco

3.2.2 Propiedades reológicas de las masas

El comportamiento reológico de las masas de las galletas fue efectuado gracias a Thermo Scientific HaakeRheoStress 1 (Thermo Fisher Scientific, Schwerte, Alemania) y un baño de agua Phoenix II P1- C25P controlando la temperatura de análisis a 25°C. El reómetro estaba equipado con una geometría de placas paralelas (plato serrado de titanio PP60-Ti de 60 mm de diámetro) con una separación de 3 mm. Después de la preparación, la masa se mantuvo en un período de estabilización de 800s antes de ser medida. Se realizó un barrido de deformación (0,1 a 100 Pa) a una frecuencia constante de 1 Hz con el fin de determinar la región viscoelástica lineal en cada muestra. Una vez fijada esa zona, se escogió la deformación máxima del rango viscoelástico lineal para realizar un posterior barrido de frecuencias (10 a 0,1 Hz). Finalmente, fueron obtenidos los valores del módulo elástico G' (Pa), módulo viscoso G'' (Pa), módulo complejo G^* (adimensional) y tangente δ (G''/G') (Mancebo et al., 2016). Las medidas reológicas se evaluaron por duplicado en cada una de las muestras.

3.2.3 Propiedades físicas galletas

Los atributos de textura fueron determinados siete días después de la elaboración de las galletas, que se mantuvieron en bolsas de plástico en una cámara a temperatura controlada (25°C) hasta la realización de estas mediciones. Para ello, se empleó TA-XT2 texture analyser (Stable Microsystems, Surrey, Reino Unido) utilizando el software denominado "Texture Expert".

Con el fin de evaluar los parámetros de textura de las ocho elaboraciones, se realizó un ensayo empleando seis galletas de cada formulación con una sonda HDP/3PB. Las condiciones experimentales fueron las siguientes: velocidad de ensayo 5 mm/s, fuerza de activación 49 mN, distancia entre apoyos y distancia necesaria para romper las galletas fue de 5 mm en el caso de las harinas de maíz y el control de harina de trigo. Fue adoptada una distancia de 35 mm para el análisis de las galletas de harina de trigo compuestas por psyllium y agua, al tener una textura más blanda y no romperse a esa distancia. Los parámetros de textura obtenidos fueron: dureza (N) que representa la fuerza requerida para comprimir la galleta entre los molares, distancia (mm) y tiempo (s).

La determinación de la humedad se realizó tras moler dos muestras de las 8 diferentes formulaciones, con un molino Laboratory Mill3303 Perten (Perten Instruments, Madrid, España). Posteriormente, se pesaron dos gramos de estas en un recipiente de porcelana y se mantuvieron en la estufa a 130°C durante una hora. Las muestras desecadas fueron pesadas tras permanecer una hora en el desecador. El cálculo de la humedad se llevó a cabo restando el valor obtenido del peso total húmedo al peso del recipiente de porcelana que contenía la muestra seca. Esta cantidad se dividió al peso de la muestra húmeda y por último, fue multiplicado por 100 para obtener el porcentaje de humedad.

Para la evaluación del spread factor, calculado a partir del cociente entre el diámetro medio de las galletas y la altura, se tomaron 6 muestras de cada elaboración. El diámetro medio se obtuvo midiendo con un pie de rey el diámetro la galleta en dos direcciones perpendiculares distintas. También se utilizó el mismo instrumento para la determinación de la altura. Para la obtención del peso de las galletas, 6 unidades fueron pesadas.

Por último, las medidas de color de seis galletas representativas de cada elaboración fueron realizadas utilizando un colorímetro Minolta CN-508i spectrophotometer (Minolta, Co. LTD, Tokio, Japón) en el centro de la superficie empleando un iluminador D65 y observador estándar 2°. Los resultados de color se expresaron en el espacio de color CIE L* a* b*.

3.2.4 Evaluación sensorial y estudio de consumidores

Se realizó una evaluación sensorial de diferentes galletas: control de maíz blanco y de trigo, además de galletas HMB n=5 y HT n=4. Se escogieron estas elaboraciones porque las masas eran más pegajosas lo que facilitaba el moldeado de la masa y se

seleccionaron solamente cuatro para evitar un número elevado de muestras a catar siendo más sencilla la comparación con los controles. Se utilizó una escala hedónica cuyo objetivo es determinar el grado de satisfacción del producto por parte del consumidor en términos de la aceptabilidad de su apariencia, olor, atributos de textura, sabor y valoración general del producto. Las puntuaciones se establecieron entre "1" y "9" siendo la primera "me disgusta muchísimo" y la mayor puntuación "me gusta muchísimo". Un total de 73 voluntarios participaron en la evaluación. De entre ellos, estudiantes y trabajadores del Campus de la Yutera (Universidad de Valladolid, Palencia, España), de edades comprendidas entre 18-66 años, de ambos sexos y consumidores habituales de galletas. Para la evaluación sensorial, las muestras se presentaron como piezas enteras en platos de plástico de color blanco codificados con números aleatorios de cuatro dígitos y servidos en orden aleatorio.

3.2.5 Análisis estadístico

Para llevar a cabo el análisis estadístico se aplicó un modelo fundamentado en el análisis de varianzas (ANOVA simple). El método utilizado fue LSD de Fisher, con un nivel de significancia del 95%, es decir, $p < 0,05$. El programa empleado fue Statgraphics Centurion 18 - X64 (StatPoint Technologies Inc, Warrenton, EE.UU).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Propiedades reológicas de las masas

En la tabla 2 se muestran los resultados correspondientes a la reología de las distintas masas de galletas. Todas las masas presentaban valores más altos de G' , o módulo de almacenamiento, en comparación con el módulo de pérdidas o G'' . Además, los valores de $\tan \delta$ siempre fueron inferiores a 1, por lo que los datos sugieren que estas masas poseen propiedades más elásticas que viscosas (Lee & Inglett, 2006). Estos resultados también fueron descritos con la inclusión de hidrocoloides en galletas de trigo (Santiago-García et al., 2017; Tanti et al., 2016) y galletas sin gluten (Hadnađev et al., 2013).

En general, los parámetros G' , G'' y G^* son superiores en las muestras de harina de maíz, en comparación con las elaboradas con harina de trigo excepto en el caso de $\tan \delta$; este parámetro permite determinar el carácter viscoelástico relacionando G' y G'' . Se debe tener en cuenta que se ha disminuido la cantidad de agua incorporada en las galletas de maíz, por lo tanto, la comparación no solo se debe a los cambios en el tipo de harina. De hecho puede deberse a que el agua juega un papel importante, siendo un factor esencial que interviene en el comportamiento

reológico de las masas de harina (Webb et al., 1970). El aumento de la cantidad de agua está relacionado en harinas de trigo con la reducción de los módulos de almacenamiento (G') y de pérdidas (G'') (Navikis et al., 1982; Hibberd, 1970).

En el caso de las galletas sin gluten, la sustitución de la grasa reduce los valores de G' , G'' y G^* e incrementa $\tan \delta$ al compararlo con el control. Sin embargo, en estas masas, las diferencias en el contenido de agua/psyllium no son suficientes para que se noten esos cambios. La variación del contenido de agua y psyllium podría ayudar a modificar los valores de G' y G'' de las masas sin grasa, aunque podrían ser muy quebradizas o pegajosas dificultando el laminado. Esto demuestra que la grasa ayuda a cohesionar el resto de ingredientes y a dar masas más fáciles de trabajar (Wade, 1988), y en el caso de sustituir la grasa deben utilizarse masas más hidratadas (O'Brien et al., 2003). No existen evidencias del estudio de la reología en masas de galletas sin gluten con inclusión de hidrocoloides como sustitutos de grasa pero, Hadnađev et al. (2013) estudiaron el efecto de carboximetilcelulosa en galletas sin gluten compuestas por diferentes proporciones de harinas (arroz y trigo sarraceno) y observaron un aumento significativo del módulo de almacenamiento en comparación con el control sin gluten. Aunque el objetivo principal de este estudio está enfocado en la sustitución de harina de arroz por harina de trigo sarraceno. Mientras que, Mariotti et al. (2009) investigaron el efecto reológico de masas de pan modificando las proporciones de almidón de maíz, harina de amaranto, aislado de proteína de guisante y psyllium y aunque todas las modificaciones mostraron que $G' > G''$, el uso de psyllium en lugar del 2% de almidón de maíz, no provocó cambios en el módulo de almacenamiento.

En el caso de las galletas de trigo se observa el mismo efecto que las sin gluten, y mientras que la sustitución de grasa por pasta de psyllium reduce los valores de G' , G'' y G^* , e incrementa los de $\tan \delta$, no se aprecian diferencias en función de la relación psyllium y agua. Sin embargo, las diferencias entre el control y las masas sin grasa son menores que en el caso de las galletas sin gluten. Los cambios de las propiedades viscoelásticas de la masa se pueden relacionar con la reducción de grasa. La grasa en galletería se caracteriza por recubrir los gránulos de harina y de esta forma, evitar la absorción de agua y el desarrollo de almidón y gluten (Maache-Rezzoug et al., 1998). Aunque en ausencia de grasa, existe una mayor tendencia al desarrollo de la red de gluten, la masa obtenida resultó menos elástica. A diferencia de Sudha et al. (2007), la elasticidad de la masa se vio aumentada al reducir la grasa (50, 60 y 70%) y este efecto fue superior al sustituirlo

por maltodextrosa, no obstante, estos autores realizaron estas mediciones teniendo en cuenta el ancho de la banda obtenido a partir de un farinógrafo, una forma distinta a la nuestra. También se encontraron estos resultados de aumento del módulo de almacenamiento y pérdidas en galletas con el reemplazo de grasa por inulina (Krystyjan et al., 2015) o fructanos de *agave angustifolia* (Santiago-García et al., 2017). Se debe destacar, que en todos estos casos anteriores el reemplazo de grasa no fue total.

Aunque la incorporación de psyllium incremente los valores de G' y G'' de las masas de galletas (Raymundo et al., 2014), el efecto de la eliminación de grasas y de la incorporación de agua/psyllium, que ayudan a reducir estos valores, es más fuerte en nuestro caso.

Tabla 2: Características reológicas de las galletas

Muestra	G' (x 10 ⁴) (Pa)	G'' (x 10 ³) (Pa)	TANδ	G* (x 10 ⁴)
Control HMB	187,0 ± 65,05e	167,0 ± 43,84e	0,094 ± 0,020d	189,0 ± 65,76e
HMB n=4	13,5 ± 2,62cd	35,9 ± 8,20cd	0,260 ± 0,010a	14,0 ± 2,76cd
HMB n=5	8,18 ± 0,69bc	23,0 ± 1,77bc	0,280 ± 0,001ab	8,49 ± 0,71bc
HMB n=6	7,42 ± 0,58abc	21,0 ± 0,99abc	0,280 ± 0,010ab	7,72 ± 0,59abc
Control HT	16,7 ± 7,15d	49,9 ± 15,42d	0,310 ± 0,040b	17,4 ± 7,35d
HT n=4	2,79 ± 0,57ab	11,9 ± 2,05ab	0,430 ± 0,010c	3,04 ± 6,01ab
HT n=5	1,57 ± 0,13ab	6,94 ± 0,36a	0,450 ± 0,010c	1,72 ± 0,13ab
HT n=6	1,16 ± 0,21a	5,30 ± 1,06a	0,460 ± 0,010c	1,28 ± 0,24a
Error estándar	16,38	11,82	0,01	16,56

HT: Harina de trigo; HMB: Harina de Maíz Blanco. Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

4.2 Propiedades físicas galletas

En la tabla 3 y 4 quedan recogidos los resultados relativos a las propiedades físicas de las galletas.

El **diámetro medio** de la galleta se encuentra relacionado con el **spread factor**, dependiendo a su vez por la viscosidad de la masa y el tiempo de expansión (Miller & Hosney, 1997).

Claramente los valores de diámetro medio y el spread factor disminuyen al sustituir la grasa por la pasta de psyllium, tanto para las galletas de trigo como para las de maíz

blanco. Esta mayor expansión (spread factor) y diámetro de los controles se debe en gran parte, al importante papel que juega la grasa y a la capacidad de captación de agua (WBC) en la propagación de la galleta (Pareyt & Delcour, 2008). En nuestro caso, la sustitución de grasa provocó una reducción del diámetro medio de ambas galletas aunque, las diferentes cantidades de agua y psyllium no fueron suficientes para mostrar cambios.

En relación al spread factor, las galletas de maíz blanco sin grasa presentaron valores inferiores al control, sin embargo, no mostraron diferencias estadísticamente significativas en función de los diferentes contenidos de psyllium y agua de las pastas. Los mismos resultados se pudieron observar al relacionar la inclusión de diferentes gomas (xantana, guar, acacia y tragacato) en galletas de harina de trigo sarraceno con galletas de harina de trigo (Kaur et al., 2015). Aunque, en la investigación de Gül et al. (2018) este parámetro, no fue inferior hasta la incorporación goma xantana al 4% en galletas de harina de maíz y almidón de maíz, arroz y patata al compararlo con galletas de trigo.

En el caso de las galletas de trigo sin grasa, la formulación con menor contenido en agua obtuvo un spread factor superior al resto y aunque los valores de diámetro fueron menores, no mostraron diferencias significativas las diferentes cantidades de psyllium/agua. Lo mismo observaron Zbikowska et al. (2018) no encontrando una dependencia exclusiva entre las cantidades de psyllium agregado y el diámetro de las galletas. Sin embargo, el resultado del spread factor (diámetro medio/altura) se ve influenciado por la altura, siendo mayor en este caso. La sustitución de grasa en la galleta favorece la formación de la red de gluten, existiendo una correlación entre la disminución del diámetro de las galletas conforme aumenta el contenido de gluten (Kaldy et al., 1993) debido a la mayor consistencia de las masas. Además las grasas se funden en el horneado, reduciendo así la viscosidad de las masas en esa fase (Pareyt & Delcour, 2008) y facilitando la expansión (Hoseney, 1994), lo que no ocurre en el caso de galletas sin grasa.

El aumento del contenido de fibra de psyllium en galletas con sustitución de grasa, está relacionado con la dificultad para mantener la estructura de la galleta de trigo (Raymundo et al., 2014). Además, la máxima incorporación de psyllium (9%) logró el aumento del spread factor, como observaron Fradinho et al. (2015) debido a las variaciones en el grosor de la galleta como resultado de la mayor capacidad de hidratación del psyllium. También se observó un aumento del diámetro y la tasa de

expansión con el incremento de reemplazo de grasa por maltodextrina (10.4-24%) y goma guar (0.1–0.5%) en galletas de harina de trigo (Chugh et al., 2013).

Respecto a los **valores de color** (tabla 3) no solo están relacionados con el color de la harina sino por otros factores como las reacciones de Maillard o caramelización que se producen durante el horneado (Ameur et al., 2007). Todas las galletas con psyllium presentaron una luminosidad mayor, es decir, un color menos oscuro al ser comparadas con los controles. Esto puede explicarse por el aumento del contenido de humedad (Nammakuna et al., 2015). Aunque, las distintas modificaciones de psyllium/agua no fueron suficientes para mostrar cambios en el parámetro L* en cada tipo de harina. Lo mismo observaron Gül et al. (2018), la adición de xantana (1-4%) en galletas sin gluten dio lugar a galletas más luminosas, pero estos autores no sustituyeron las grasas como en nuestro caso. Por el contrario, Raymundo et al. (2014), observaron que el empleo psyllium da lugar a galletas más oscuras. Al igual que la sustitución parcial de grasa por inulina y dextrina resistente en galletas sin gluten (Emami et al., 2018) en comparación con el control. Estos artículos difieren del nuestro por la formulación de las galletas puesto que, incluyen ingredientes distintos (incluida grasa) lo que podría afectar al resultado final.

La falta de gluten se asocia generalmente con una coloración general menos agradable y otros defectos de calidad derivados de la cocción (Devisetti et al., 2015). En nuestro caso, el control de harina maíz blanco presentó una coloración más rojiza (a*) comparado con el resto de formulaciones, pero no se observaron diferencias significativas en función del contenido de psyllium en galletas sin gluten. Además, todas las galletas de maíz obtuvieron una coloración amarilla más intensa (b*) que aquellas galletas de harina de trigo sin grasa. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los distintas cantidades de agua/psyllium en las galletas con harina de maíz y el control. A diferencia de nuestro estudio, la sustitución de grasa por inulina (50 y 75% sustitución) y dextrina resistente (25, 50 y 75% sustitución) en galletas elaboradas con harina de arroz, maíz y almidón de maíz mostraron una mayor coloración roja, aunque no se encontraron diferencias de los valores de b* al compararlo con la muestra control (Emami et al., 2018), como en nuestro caso. Sin embargo, la incorporación de goma xantana en galletas libres de gluten (harina de maíz, almidón de maíz, arroz y patata) dio lugar a galletas menos rojizas y más amarillas, sin existir una tendencia lineal al incorporar la fibra del 1 al 4% (Gül et al., 2018). Por lo que, las discrepancias de datos sugieren que se deben tener en cuenta

varios factores en estos parámetros de estudio como son la grasa, el hidrocoloide empleado y el resto de ingredientes.

En general, las galletas de trigo sin grasa no presentaron diferencias al evaluar a^* y b^* a excepción de la formulación con menor cantidad de psyllium, que mostró diferencias con respecto al control de trigo en el parámetro b^* . Los cambios de color pueden deberse a la proteína presente en la harina de trigo, responsable de los efectos de la caramelización y a las reacciones de Maillard entre la proteína y el azúcar reductor (Gallagher et al., 2003). Lo mismo pudieron observar Lourencetti et al. (2013) indicando que la adición de inulina no modifica significativamente los valores de a^* y b^* de las galletas. A diferencia de nuestros resultados, Raymundo et al. (2014) mostraron una relación entre el contenido de psyllium y galletas más oscuras, que se asocia con un aumento de b^* y a^* , es decir, galletas con coloraciones más amarillas y rojizas debido al notable pardeamiento no enzimático que se produjo al sustituir la harina de trigo por psyllium.

Tabla 3: Propiedades físicas de las galletas: Dimensiones y color

Muestra	Diámetro medio (mm)	Spread Factor	L*	a*	b*
Control	54,55 ± 3,80b	8,17 ± 0,12e	60,84 ± 3,22a	7,56± 1,74d	22,75±2,82c
HMB					
HMB n=4	43,07 ± 0,43a	4,19 ± 0,28c	75,00±2,08bcd	3,85±0,03c	21,35±0,31bc
HMB n=5	44,60 ± 0,08a	4,01 ± 0,13c	73,47± 1,46bc	3,81±0,36c	22,02±0,66c
HMB n=6	45,20 ± 0,50a	4,15 ± 0,05c	74,53±0,66bcd	3,72 ±0,23bc	22,37±1,63c
Control HT	52,15 ± 2,16b	7,17 ± 0,06d	71,00 ± 2,98b	2,38±2,38abc	21,31±1,39bc
HT n=4	43,80 ± 0,33a	3,01 ± 0,13b	77,17 ± 0,14cd	1,92±0,46abc	18,65±0,05ab
HT n=5	44,29 ± 0,36a	2,65±0,16a	77,07 ±0,70cd	1,24±0,52ab	18,43±0,45ab
HT n=6	45,03 ± 1,13a	2,41±0,035a	77,85±1,47d	0,79±0,25a	17,76±0,86a
Error estándar	1,15	0,10	1,34	0,77	0,94

HT: Harina de trigo; HMB: Harina de Maíz Blanco. Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

En cuanto respecta a **parámetros texturales** (tabla 4), se pudo determinar la dureza a partir de la fuerza máxima, siendo un parámetro muy importante de evaluación en galletería. Todas las galletas con sustitución de grasa de harina de trigo y maíz

resultaron más duras (mayor fuerza máxima) que sus respectivos controles. Por tanto, las galletas de harina de trigo y maíz sin adición de psyllium se caracterizaron por la menor dureza. Esto puede ser debido a que la grasa juega un papel importante en la textura de la galleta (Zoulias et al., 2002). Además, estos datos coinciden con los reportados por otros autores con sustitución de grasas por distintas fibras en galletas de trigo y maíz (Krystyjan et al., 2015; Sudha et al., 2007; Zbikowska et al., 2018; Lourencetti et al., 2013; Emami et al., 2018).

Los resultados muestran que las galletas de harina de maíz fueron más duras que las galletas de harina de trigo exceptuando HT n=4. Cabe destacar que no existen diferencias significativas entre las formulaciones de harina de maíz sin grasa con diferentes cantidades de psyllium y agua. De igual modo, los porcentajes mayores de inclusión de la goma xantana (3-4%) en galletas sin gluten con grasa compuestas por trigo sarraceno fueron más duras en comparación con las galletas sin gluten y sin esta goma. Estos resultados pueden estar vinculados a la estructura ramificada de esta goma que puede interactuar fácilmente formando enlaces con otros componentes (Gül et al., 2018). Igualmente, se encontraron valores de dureza superiores al emplear inulina o dextrina resistente como sustitutos de grasa (25-75% sustitución) en galletas de harina de arroz, maíz y almidón de maíz en proporción 3:1:1, a medida que aumenta el porcentaje de estas fibras (Emami et al., 2018).

En el caso de las galletas con harina de trigo, las galletas sin grasa fueron más duras que el control. Estos resultados podrían estar relacionados con la absorción de agua por la harina que en ausencia de grasa, da lugar a masas más duras (O'Brien et al., 2003). Aunque, se registró una fuerza máxima superior en galletas de trigo con mayor contenido en psyllium. Por lo que, estos datos sugieren que el psyllium al formar un gel, puede afectar a la dureza de la galleta.

En el estudio llevado a cabo por Fradinho et al. (2015) se evaluaron los diferentes parámetros texturales (dureza, cohesividad, adhesividad y elasticidad) en galletas. Encontraron diferencias significativas en la dureza entre formulaciones con el mismo contenido de harina y distintas concentraciones de psyllium. Al igual que en nuestro estudio, la dureza de las galletas enriquecidas con psyllium, aumenta al incluir esta fibra. Aunque los datos más llamativos obtenidos al incrementar el contenido de esta fibra están relacionados con la dureza de la masa, también encontramos un aumento de su adhesividad y un aumento menos marcado de la elasticidad así como, una disminución de la cohesividad (Raymundo et al., 2014).

Nuestros resultados coinciden con los obtenidos en otras investigaciones que emplearon hidrocoloides. Cuando la grasa en una formulación de galletas se reduce y aumenta la inclusión de fibras, el resultado que se obtiene son galletas más duras (Sudha et al., 2007, Krystyjan et al., 2015; Chugh et al., 2013)

Por último, en relación a los **porcentajes de humedad** la sustitución de grasa dio lugar a galletas más húmedas en ambos casos, siendo más destacables en las galletas de trigo sin grasa. Estos resultados pueden deberse a la mayor cantidad de agua incorporada a la formulación de galletas de trigo.

El contenido inicial de humedad de la masa de galletas se encuentra entre 11-30%, que se compone principalmente de agua añadida en la fase de mezcla de la masa. Mientras que, el contenido final de humedad de un producto recién horneado de este tipo oscila entre 1-5% (Wade, 1988). En el caso de las galletas sin grasa, se registraron valores elevados, destacando las galletas de trigo. Estos resultados podrían suponer un problema para definir al producto como galleta puesto que, los valores no deben superar el 6% del contenido total de humedad según indica el Real Decreto 1124/1982, reglamentación técnico-sanitaria que afecta a la galletería en nuestro país.

En el caso de las galletas sin gluten, la reducción de grasa aumentó los porcentajes de humedad pero, no mostraron diferencias significativas entre las diferentes cantidades de psyllium y agua. Al igual que nuestro estudio, Kaur et al. (2015) pudieron observar que la inclusión de gomas xantana, acacia, guar o tragacanto (1g/100g harina) en galletas sin gluten elaboradas con harina de trigo sarraceno aumentaron los porcentajes de humedad. Aunque las diferencias en el contenido de humedad entre las galletas con esta harina puede deberse a la distinta estructura química y la interacción con el resto de ingredientes (Gómez et al., 2007). Gül et al. (2018) también mostraron un aumento de la humedad al incorporar goma xantana (1-4%) en galletas con harina de maíz, almidón de maíz, arroz y patata en comparación con las galletas con esta mezcla de harinas pero sin la adición de goma xantana.

En cuanto a las galletas con harina de trigo, aquellas con menores porcentajes de psyllium y mayores de agua obtuvieron los resultados más elevados. Estos resultados se deben a una mayor incorporación de agua en las distintas formulaciones de harina de trigo.

Este parámetro fue evaluado en trabajos anteriores en galletas de trigo observándose una disminución de la humedad al incorporar mayores concentraciones de psyllium

aunque, las modificaciones en la cantidad de harina en ese estudio pueden ejercer un papel importante en este resultado (Fradinho et al., 2015). Estos datos coinciden con los reportados por Raymundo et al. (2014) apoyándose que los resultados obtenidos se deben por la alta capacidad de absorción de agua del psyllium. No obstante, estos últimos difieren con nuestro estudio, al contener mayor porcentaje de humedad en los controles de galletas de harina de trigo. Por otra parte, Beikzadeh et al. (2016) elaboraron bizcochos con diferentes concentraciones de psyllium (0, 2.5, 5, 7.5 y 10%) y midieron los porcentajes de humedad en diferentes días. La muestra control presentó en todas las ocasiones menor humedad, siendo los bizcochos con inclusión de 7,5% los más húmedos tras el primer día de elaboración.

Tabla 4: Propiedades físicas de las galletas: Textura y humedad

Muestra	Fuerza máxima(N)	Pendiente (N/mm)	Humedad (%)
Control HMB	16,92 ± 0,31a	25,52 ± 1,16ab	2,34 ± 0,64a
HMB n=4	137,41± 9,56c	122,96 ± 21,84c	6,03 ± 0,006b
HMB n=5	137,83± 2,82c	102,70 ± 7,11c	6,71 ± 0,31b
HMB n=6	136,43± 9,03c	109,59 ± 38,81c	6,28 ± 0,30b
Control HT	35,39 ± 5,64a	58,15 ± 0,69b	1,54 ± 0,64a
HT n=4	127,54±15,37c	21,08 ± 14,64ab	10,43 ± 0,62c
HT n=5	76,00 ± 4,83b	12,84 ± 1,46a	11,94 ± 0,46d
HT n=6	59,71 ± 17,11b	5,38 ± 3,84a	13,09 ± 0,87d
Error estándar	6,92	11,9	0,38

HT: Harina de trigo; HMB: Harina de Maíz Blanco. Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

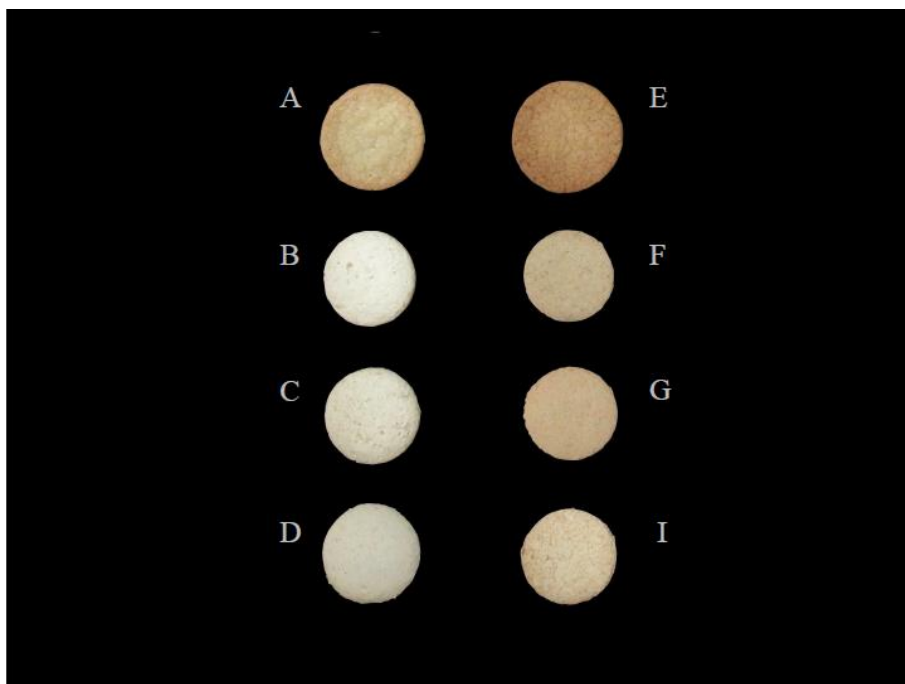


Figura 1: Muestras de las diferentes galletas. A: Control HT; B: HT n=4; C: HT n=5; D: HT n=6; E: Control HMB; F: HMB n=4; G: HMB n=5; H: HMB n=6.

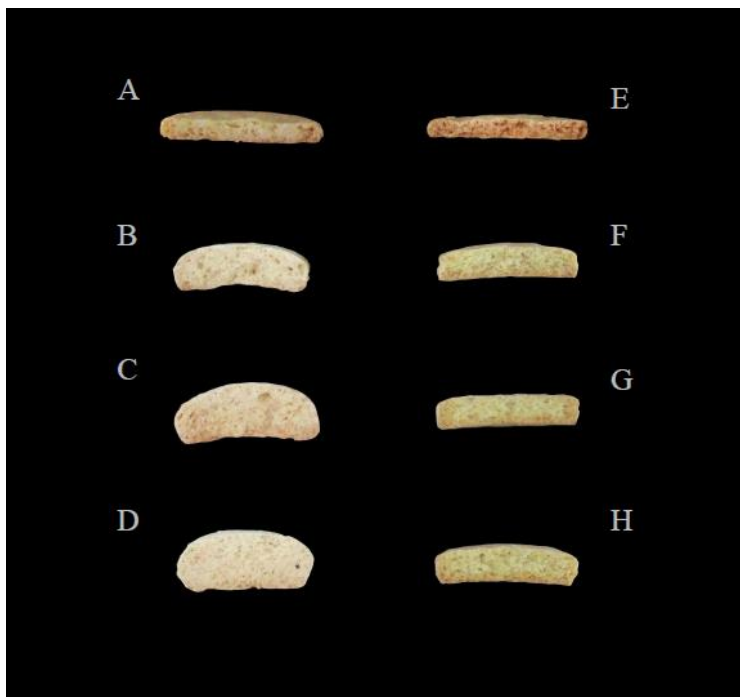


Figura 2: Muestras de galletas cortadas por el centro. A: Control HT; B: HT n=4; C: HT n=5; D: HT n=6; E: Control HMB; F: HMB n=4; G: HMB n=5; H: HMB n=6.

4.3 Evaluación sensorial y estudio de consumidores

Posterior al análisis instrumental de las diferentes galletas, se seleccionaron cuatro de las mismas para la evaluación sensorial y el estudio de consumidores, como se muestra en la tabla 5. Entre ellas incluimos el control de harina de maíz blanco y de trigo, así como HMB n=5 y HT n=4. Se escogieron estas muestras porque a nivel sensorial tenían mejor aspecto y textura.

El control de maíz blanco obtuvo buenas valoraciones en todos los parámetros estudiados: apariencia visual, olor, sabor, atributos de textura y valoración global. Al compararlo con el control de trigo, solo se encontraron diferencias significativas en el olor, sabor y valoración general.

Los resultados de HMB n=5 fueron bajos a nivel textural, olor, sabor y valoración general. Los consumidores destacaban que las galletas con harina de maíz sin grasa tenían una textura muy dura, dificultando la masticabilidad. A partir de estos datos podemos extraer que existen diferencias significativas entre el control HMB y HMB n=5 en todos los parámetros de estudio. Al comparar estos resultados con los realizados en el estudio de Emami et al. (2018) que empleó como sustitutos de grasa la inulina y dextrina resistente en porcentajes de sustitución de 25, 50 y 75%, se pudo observar que mayores porcentajes de sustitución obtuvieron peores valoraciones en todos los parámetros de estudio.

En cuanto respecta a las galletas elaboradas con harina de trigo, el control de trigo fue mejor valorado en todos los aspectos al compararlo con las galletas HT n=4. Al contrario que HMB n=5, los consumidores indicaron que estas galletas tenían una dureza menor semejante a la textura que proporciona un bizcocho, datos que coinciden con los obtenidos en las pruebas instrumentales realizadas. Mientras que, Zbikowska et al. (2018), mostraron que las galletas de trigo con diferentes adiciones de psyllium (3 y 5%) y una reducción de entre 25% y 75% de la grasa, fueron menos crujientes y más duras que los productos sin esas modificaciones.

Las galletas HT n=4 obtuvieron resultados bajos a nivel de sabor, apariencia, olor y valoración general. Esto se debe a que estas galletas tenían una coloración muy blanquecina y distinta al resto de formulaciones que poseían coloraciones más oscuras como se puede apreciar en la figura 1. Estas diferencias se pueden justificar con los estudios realizados de color y dimensiones. Las galletas sin grasa presentaron un diámetro medio y spread factor menor, caracterizándose por tener un tamaño pequeño pero con una altura superior al control y aunque L^* fue superior en las

galletas sin grasa, los parámetros cromáticos a* y b* no mostraron diferencias con el control. Por otra parte, el análisis del olor sensorial reafirmó el considerable papel que juega la grasa en galletería. Los contenidos bajos en grasa reducen los olores típicos y aceitosos en las galletas con harina de trigo (Zbikowska et al., 2018).

Como se muestra en la tabla 5, existen diferencias significativas entre la muestra control HT y HT n=4. Estos datos se encuentran respaldados por Zbikowska et al. (2018) ya que en su investigación, encontraron coloraciones menos intensas en aquellos productos con un contenido menor de grasa, siendo el color un descriptor importante para la apariencia de una galleta.

Estos datos también coinciden con los extraídos de la investigación llevado a cabo por Sudha et al. (2007). Las puntuaciones sensoriales relacionadas con la apariencia de las galletas disminuyeron significativamente con la reducción de grasa porque la superficie era desigual y con menor tamaño, muy distinta a las galletas con grasa. Otros parámetros sensoriales afectados por la reducción de grasa fueron la textura, olor y sabor de las galletas destacando que las galletas se endurecieron y desarrollaron una sensación de sequedad en boca, sin la lubricidad característica de las grasas (Sudha et al., 2007).

Tabla 5: Estudio de consumidores

Muestra	Apariencia Visual	Olor	Sabor	Textura	Valoración global
Control HMB	7,03 ± 1,42c	6,37 ± 1,55c	7,01 ± 1,64c	6,58 ± 1,72c	7,04 ± 1,36c
HMB n= 5	5,84 ± 1,70b	5,37 ± 1,54ab	4,49 ± 2,17a	3,93 ± 2,00a	4,52 ± 1,76a
Control HT	6,67 ± 1,46c	5,47 ± 1,72b	6,00 ± 2,00b	6,07 ± 1,81c	6,22 ± 1,66b
HT n=4	4,99 ± 2,04a	4,86 ± 1,46a	4,93 ± 1,92a	4,60 ± 2,11b	4,81 ± 1,85a
Error estándar	0,20	0,18	0,23	0,22	0,20

HT: Harina de trigo; HMB: Harina de Maíz Blanco. Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

5. CONCLUSIONES

Se puede concluir que la incorporación de psyllium no solo presenta ventajas nutricionales sino también tecnológicas, pudiéndose emplear como sustituto de grasas en galletas de trigo y maíz blanco. Sin embargo, las grasas ejercen un papel fundamental mejorando el sabor, apariencia, textura y proporcionando lubricidad y la sustitución de la misma, pudiendo afectar al resultado final en este tipo de productos.

Respecto a la reología de las masas, todas las galletas presentaron valores más altos de G' en comparación con el módulo G'' , dando lugar a propiedades más elásticas que viscosas. La sustitución de grasa por pasta de psyllium reduce los valores de G' , G'' y G^* siendo más destacables en las formulaciones de maíz blanco. Mientras que, al valorar los parámetros físicos como diámetro medio y spread factor se pudo observar que las galletas con sustitución de la grasa presentaron menor expansión y un tamaño más reducido al compararlo con los controles tanto en las galletas con harina de trigo como en la de maíz. Además, las galletas con psyllium presentaron una luminosidad mayor, es decir, coloraciones menos oscuras al ser comparadas con los controles. Además de obtener valores positivos de los parámetros cromáticos a^* (rojo) y b^* (amarillo) en ambos tipos de galletas.

Todas las galletas con sustitución de grasa de harina de trigo y maíz resultaron más duras (mayor fuerza máxima) que sus respectivos controles destacando las galletas de harina de maíz sin grasa. Además, los porcentajes de humedad presentaron grandes diferencias al comparar las formulaciones de harina de trigo y maíz con sustitución de grasa con los controles, siendo notablemente superiores en aquellas formulaciones de harina de trigo sin grasa, aumentando en aquellas con menor contenido en psyllium.

El análisis sensorial reflejó que las galletas controles fueron mejor valoradas, con diferencias más destacables en sabor, textura y valoración global de las galletas de maíz y apariencia visual en el caso de las galletas de trigo.

Por todo ello, este trabajo puede suponer un punto de partida para futuras líneas de investigación sobre todo para el estudio de galletas sin gluten con incorporación de psyllium y sustitución de grasa a distintos niveles, campo apenas estudiado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Ameur, L. A., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G., & Birlouez-aragon, I. (2007). Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures. *Food Chemistry*, *101*, 1407–1416.
- Amiri Aghdaei, S. S., Aalami, M., Babaei Geefan, S., & Ranjbar, A. (2014). Application of Isfarzeh seed (*Plantago ovate* L.) mucilage as a fat mimetic in mayonnaise. *Journal of Food Science and Technology*, *51*, 2748–2754.
- Anderson, J. W., Davidson, M. H., Blonde, L., Brown, W. V., Ginsberg, H., Howard, W. J., & Weingand, K. W. (2018). Long-term cholesterol-lowering effects of psyllium as an adjunct to diet therapy in the treatment of hypercholesterolemia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *71*, 1433–1438.
- Beikzadeh, S., Oerighambardoust, S. H., Beikzadeh, M., Asghari Javar-Abadi, M., & Homayouni-Rad, A. (2016). Effect of psyllium husk on physical, nutritional, sensory , and staling properties of dietary prebiotic sponge cake. *Czech Journal Food Science*, *34*, 534–540.
- Chugh, B., Singh, G., & Kumbhar, B. K. (2013). Development of low-fat soft dough biscuits using carbohydrate-based fat replacers. *International Journal of Food Science*, *3*, 1–12.
- Colla, K., Costanzo, A., & Gamlath, S. (2018). Fat replacers in baked food products. *Foods*, *7*, 1–12.
- Czuchajowska, Z., Paszczyńska, B., & Pomeranz, Y. (1992). Functional properties of psyllium in wheat-based products. *Cereal Chemistry*, *69*, 516–520.
- Devisetti, R., Ravi, R., & Bhattacharya, S. (2015). Effect of hydrocolloids on quality of proso millet cookie. *Food Bioprocess Technology*, *8*, 2298–2308.
- Emami, N., Dehghan, P., Mohtarami, F., Ostadrahimi, A., & Azizi, M. H. (2018). Physicochemical , textural , and sensory evaluation of reduced fat gluten-free biscuit prepared with inulin and resistant dextrin prebiotic. *Journal of Agricultural Science & Technology*, *20*, 719–731.
- Fischer, M. H., Yu, N., Gray, G. R., Ralph, J., Anderson, L., & Marlett, J. A. (2004). The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (*Plantago ovata* Forsk). *Carbohydrate Research*, *339*, 2009–2017.

- Food and Drugs Administration. (1998). Food Labeling: Health Claims; soluble fiber from certain foods and coronary heart disease. Retrieved March 14, 2019, from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1998-04-09/pdf/98-9427.pdf>
- Fradinho, P., & Nunes, M. C. (2015). Developing consumer acceptable biscuits enriched with psyllium fibre. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 52, 4830–4840.
- Gallagher, E., O'Brien, C. M., Scannell, A., & Arendt, E. (2003). Use of response surface methodology to produce functional short dough biscuits. *Journal of Food Engineering*, 56, 269–271.
- Gélinas, P. (2013). Preventing constipation: A review of the laxative potential of food ingredients. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 445–467.
- Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21, 167–173.
- Gül, H., Hayit, F., Acun, S., & Tekeli, S. G. (2018). Improvement of quality characteristics of gluten-free cookies with the addition of xanthan gum. *Sciendo*, 1, 529–535.
- Hadnađev, T. R. D., Torbica, A. M., & Hadnađev, M. S. (2013). Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. *Food Bioprocess Technology*, 6, 1770–1781.
- Health Canada. (2011). Summary of Health Canada's assessment of a health claim about food products containing psyllium and blood cholesterol lowering. Retrieved April 14, 2019, from <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-labelling/health-claims/assessments/psyllium-products-blood-cholesterol-lowering-nutrition-health-claims-food-labelling.html>
- Hibberd, G. E. (1970). Dynamic viscoelastic behaviour of wheat flour doughs. II. Effect of water content in the linear region. *Rheologica Acta*, 9, 497–500.
- Hoseney, R. D. (1994). *Principles of Cereal Science and Technology*. St Paul, Minnesota, Estados Unidos: AACC.
- Jovanovski, E., Yashpal, S., Komishon, A., Zurbau, A., Mejia, S. B., Ho, H. V. T., ... Vuksan, V. (2018). Effect of psyllium (*Plantago ovata*) fiber on LDL cholesterol

- and alternative lipid targets, non-HDL cholesterol and apolipoprotein B: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 108, 922–932.
- Kaldy, M. S., Kereliuk, G. R., & Kozub, G. C. (1993). Influence of gluten components and flour lipids on soft white wheat quality. *Cereal Chemistry*, 70, 77–80.
- Kamaljit, K., Amarjeet, K., & Tarvinder Pal, S. (2011). Analysis of ingredients, functionality, formulation, optimization and shelf life evaluation of high fiber bread. *American Journal of Food Technology*, 6, 306–313.
- Kaur, M., Singh, K., Arora, A., & Sharma, A. (2015). Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology*, 62, 628–632.
- Krystyjan, M., Gumul, D., Ziobro, R., & Sikora, M. (2015). The effect of inulin as a fat replacement on dough and biscuit properties. *Journal of Food Quality*, 38, 305–315.
- Laguna, L., Primo-Martín, C., Varela, P., Salvador, A., & Sanz, T. (2014). HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, 56, 494–501.
- Lai, H. M., & Lin, T. C. (2006). Bakery Products: Science and Technology. In Y. Hui, H. Corke, I. De Leyn, W. Nip, & N. Cross (Eds.), *Bakery Products: Science and Technology*. (pp. 3–65). Estados Unidos: Blackwell Publishing.
- Lambeau, K. V., & McRorie, J. W. (2017). Fiber supplements and clinically proven health benefits: How to recognize and recommend an effective fiber therapy. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 29, 216–223.
- Lee, S., & Inglett, G. E. (2006). Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 41, 553–559.
- Lee, Y., & Puligundla, P. (2016). Characteristics of reduced-fat muffins and cookies with native and modified rice starches. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28, 311–316.
- Lourencetti, R. E., Benossi, L., Rodrigues Marques, D., Joia, B. M., & Giriboni Monteiro, A. R. (2013). Development of biscuit type cookie with partial replacement of fat by inulin. *International Journal of Nutrition and Food Science*, 2,

261–265.

- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J., Allaf, K., & Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, *35*, 23–42.
- Man, S., Păucean, A., Muste, S., Pop, A., & Mureșan, E. A. (2017). Influence of psyllium husk (*Plantago ovata*) on bread quality. *Food Science and Technology*, *74*, 3–4.
- Mancebo, C. M., Rodriguez, P., & Gómez, M. (2016). Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*, *67*, 127–132.
- Manley, D. (2000). *Technology of biscuits, crackers and cookies, Third edition*. Cambridge (Reino Unido): Woodhead Publishing Limited.
- Mariotti, M., Lucisano, M., Pagani, M. A., & Ng, P. K. W. (2009). The role of corn starch , amaranth flour, pea isolate , and psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Research International*, *42*, 963–975.
- Miller, R. A., & Hosney, R. C. (1997). Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread. *Cereal Chemistry*, *74*, 330–336.
- Nammakuna, N., Barringer, S. A., & Ratanatriwong, P. (2015). The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology , physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. *Food Science and Nutrition*, *4*, 143–155.
- Navikis, L. L., Anderson, R. A., Bagley, E. B., & Jasburg, B. K. (1982). Viscoelastic properties of wheat flour doughs: Variation of dynamic moduli with water and protein content. *Journal of Texture Studies*, *13*, 249–259.
- O'Brien, C. M., Chapman, D., Neville, D. P., Keogh, M. K., & Arendt, E. K. (2003). Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in shortdough biscuits. *Food Research International*, *36*, 215–221.
- Olson, B. H., Anderson, S. M., Becker, M. P., Anderson, J. W., Hunninghake, D. B., Jenkins, D. J. A., ... Fulgoni, V. L. (1997). Psyllium-enriched cereals lower blood total cholesterol and LDL cholesterol, but not HDL cholesterol, in

- hypercholesterolemic adults: Results of a meta-analysis. *Human and Clinical Nutrition*, 127, 1973–1980.
- Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents , sugar , and fat in low moisture cereal based products : A review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 824–839.
- Puppin, R., Assunção, R. B., & Coelho, W. M. (2009). Psyllium as a substitute for gluten in bread. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 1781–1784.
- Rana, V., Bachheti, R. K., Chand, T., & Barman, A. (2012). Dietary fibre and human health. *International Journal of Food Safety Nutrition and Public Health*, 4, 101–118.
- Raymundo, A., Fradinho, P., & Nunes, M. C. (2014). Effect of psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 3, 96–105.
- 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. (1982). Boletín Oficial del Estado nº133.
- Romanchik-Cerpovicz, J. E., Jeffords, M. J. A., & Onyenwoke, A. C. (2018). College student acceptance of chocolate bar cookies containing puree of canned green peas as a fat-ingredient substitute. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1, 1–12.
- Santiago-García, P. A., Mellado-Mojica, E., León-Martínez, F. M., & Mercedes, G. L. (2017). Evaluation of Agave angustifolia fructans as fat replacer in the cookies manufacture. *Food Science and Technology*, 77, 100–109.
- Sudha, M. L., Srivastava, A. K., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. (2007). Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Engineering*, 80, 922–930.
- Swanson, R. B., Carden, L. A., & Parks, S. S. (1997). Effect of a carbohydrate-based fat substitute and emulsifying agents on reduced-fat peanut butter cookies. *Journal of Food Quality*, 22, 19–29.
- Tanti, R., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2016). Food Hydrocolloids Hydroxypropyl methylcellulose and methylcellulose structured oil as a replacement for shortening in sandwich cookie creams. *Food Hydrocolloids*, 61, 329–337.

- Thari, V. L., Battepati, V. K. C. B., & Chinnari, S. (2018). Review on the characteristics and applications of psyllium (*Plantago ovata*). *International Journal of Biotech Research*, 1, 31–41.
- Wade, P. (1988). *Biscuits, cookies and crackers: The principles of the craft, volume 1*. Londres: Elsevier Applied Science.
- Wärnberg, J., Marcos, A., Bueno, G., & Moreno, L. A. (2009). Functional benefits of psyllium fiber supplementation. *Current Topics in Nutraceutical Research*, 7, 55–64.
- Webb, T., Heaps, P., Eggitt, R., & Coppock, J. (1970). A rheological investigation of the role of water in wheat flour doughs. *International Journal of Food Science and Technology*, 5, 65–76.
- Wei, Z. H., Wang, H., Chen, X. Y., Wang, B. S., Rong, Z. X., Wang, B. S., ... Chen, H. Z. (2009). Time and dose dependent effect of psyllium on serum lipids in mild to moderate hypercholesterolemia: A meta-analysis of controlled clinical trials. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63, 821–827.
- Wekwete, B., & Navder, K. P. (2007). Effects of avocado fruit puree and oatrim as fat replacers on the physical, textural and sensory properties of oatmeal cookies. *Journal of Food Quality*, 31, 131–141.
- Zbikowska, A., Kowalska, M., & Pieniowska, J. (2018). Assessment of shortcrust biscuits with reduced fat content of microcrystalline cellulose and psyllium as fat replacements. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, 1–10.
- Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., & Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1637–1644.