



# **ELABORACIÓN DE GALLETAS SIN GLUTEN CON MEZCLAS DE HARINA DE ARROZ- ALMIDÓN-PROTEÍNA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Curso: 2014/15

**Alumno: Patricia Rodríguez Carbajo**  
**Tutor: Manuel Gómez Pallarés/Pedro A. Caballero Calvo**

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

## ÍNDICE

1. Resumen.....	3
2. Introducción.....	4
3. Objetivos.....	7
4. Materiales y métodos.....	8
4.1. Materiales.....	8
4.2. Métodos.....	8
4.2.1. Caracterización de las mezclas harina-almidón-proteína.....	8
4.2.2. Elaboración de las galletas.....	9
4.2.3. Propiedades de la masa.....	10
4.2.4. Propiedades de las galletas.....	11
4.2.5. Evaluación sensorial.....	12
4.2.6. Análisis estadístico.....	12
5. Resultados y discusión.....	12
5.1. Propiedades de las harinas.....	12
5.2. Características reológicas de las masas.....	14
5.3. Propiedades de las galletas.....	15
5.3.1. Contenido en humedad y dimensiones de las galletas.....	16
5.3.2. Medida del color de las galletas.....	18
5.3.3. Medida de la textura de las galletas.....	20
5.3.4. Evaluación sensorial de las galletas.....	21
6. Conclusiones.....	24
7. Agradecimientos.....	25
8. Referencias bibliográficas.....	25
ANEXO I: Correlaciones entre parámetros de las mezclas de harina-almidón-proteínas, de las masas y de las galletas.....	30

## 1. Resumen.

El objetivo de este trabajo se centra en estudiar el efecto de la sustitución de harina de arroz por distintos niveles de proteína y almidón en la calidad de las galletas sin gluten. Los resultados mostraron que la incorporación de proteínas en la formulación produjo un aumento de los valores de las variables relativas a las propiedades de hidratación, mientras que el almidón causó el efecto contrario. Se encontró una relación entre las propiedades de hidratación, la reología de las masas y las dimensiones de la galleta, de manera que al aumentar el contenido en proteínas la masa era más consistente y las galletas tenían menor diámetro y altura, eran más coloreadas y menos duras. Por el contrario, la incorporación de almidón dio lugar a galletas de mayores dimensiones, más duras y de peor aspecto, además redujo el efecto de las proteínas en la formulación. Sin embargo, tanto las galletas con proteínas como las elaboradas con mezcla de almidón y proteína, fueron las mejor valoradas por los consumidores en el análisis sensorial. Por lo tanto, la incorporación de almidón y proteína podría ser una opción de mejora de la formulación en la elaboración industrial de galletas sin gluten.

*Palabras clave: Galletas sin gluten, celiacía, harina de arroz, almidón, proteína.*

### Abstract:

The aim of this study focuses on observing the effect of the substitution of rice flour by different levels of protein and starch in the quality of gluten-free cookies. The results showed that the addition of protein in the formulation resulted in a hydration properties increase, while the starch caused the opposite effect. A relationship was found between the dough rheology, the size of the cookies and the hydration properties, so when the protein content increased, the dough was harder and the cookies had less width and height, were less coloured and hard. On the other hand, the addition of starch resulted in larger, harder and worse appearance cookies, it also reduced the effect of protein in the formulation. However, both cookies with proteins and cookies made with starch-proteins mix were the most valued by customers in sensory analysis. Therefore, the incorporation of starch and protein has shown that it might be an option to enhance the formulation in industrial making of gluten-free cookies.

*Key words: Gluten free cookies, celiac disease, rice flour, starch, protein.*

## 2. Introducción.

Existen tres enfermedades relacionadas con la ingesta de gluten: la celiaquía, la sensibilidad al gluten no celíaca y la alergia al trigo. Aunque podría haber superposición en los síntomas, las tres tienen características distintas (Green et al., 2015), siendo los síntomas clásicos de la enfermedad celíaca la distensión abdominal, anorexia, diarrea crónica o recurrente, retraso del crecimiento o pérdida de peso, vómitos, pérdida de masa muscular, crisis celíaca (raro), y fatiga (Catassi y Fasano, 2008). La celiaquía es un trastorno autoinmune que implica tanto una respuesta inmune innata como adaptativa. Se produce entre sujetos predispuestos genéticamente y expuestos a alimentos con gluten, así como a otros factores ambientales (Tack et al., 2010; Green et al., 2015), tales como hábitos alimenticios, microbiota intestinal, y efectos a largo plazo de infecciones adquiridas en la infancia (Pozo-Rubio et al., 2012). Está mediada por la ingestión de las prolaminas del gluten (Olivares et al., 2011), las cuales se encuentran en el trigo (gliadinas), la cebada (hordeínas), el centeno (secalinas) y posiblemente la avena (avidinas), y el único tratamiento actualmente disponible es la eliminación de por vida del gluten de la dieta del paciente (Schober et al., 2003). En las últimas décadas ha aumentado significativamente el diagnóstico de pacientes con celiaquía, lo cual puede deberse a una mejora de la sensibilidad de los métodos de detección, una mayor conciencia de la enfermedad y a un aumento real del trastorno. Se estima que en Estados Unidos la prevalencia de la enfermedad es del 0,8% (Fasano et al., 2003) y en la Unión Europea entorno al 1%, aunque varía según el país, siendo el principal afectado Finlandia con el 2,4% (West et al., 2003; Mustalahti et al., 2010).

En 2013 el mercado de los productos sin gluten creció en torno al 48% (Berr, 2014), por este motivo podría representar uno de los más prósperos dentro del campo de los alimentos y bebidas en un futuro inmediato (Miranda et al., 2014). En los últimos años han adquirido un gran interés la obtención de diferentes alimentos libres de gluten con ingredientes beneficiosos para la salud (como fibras, antioxidantes y/o minerales), así como la mejora del producto final en términos de aceptación sensorial y propiedades funcionales potenciales (Burluc et al., 2012).

Las galletas son un producto horneado con un bajo contenido en humedad (1-5%) y cuyos principales ingredientes son harina, azúcar y grasa, aunque también se pueden incluir otros ingredientes como impulsores químicos, siropes, sal, emulsificantes, etc. (Pareyt y Delcour, 2008). Existen diferentes tipos de galletas, entre las que están las *cabin biscuits*, las semi-dulces y dulces, masas antiaglutinantes, sugar-snap... (Manley, 2000). La composición de las galletas sugar-snap oscila entre un 47,5-54%

de harina, 33,3-42 % de azúcar y 9,4-18% de grasa (Hoseney, 1994; Wade, 1988), y el término “snap” se refiere al sonido que la galleta hace al romperse. Al contrario que en el pan, en las galletas tipo sugar-snap la red de gluten sólo se desarrolla ligeramente, debido a la gran cantidad de grasa y azúcar y al bajo contenido en agua (Hadnađev et al., 2013; Pareyt y Delcour, 2008), lo que resulta una ventaja para la elaboración de galletas sin gluten.

La harina es el componente mayoritario de la galleta, y está constituida principalmente por almidón (entre 70 y 75%), seguido de agua (alrededor del 14%) y proteína (cerca de 8-11%, en harinas de trigo blando), además de arabinosilanos (de 1,5 a 2,5%) y lípidos (alrededor del 2%) en menor proporción (Courtin y Delcour, 2002; Goesart et al., 2005). La harina constituye la matriz alrededor de la cual se agrupan los demás ingredientes formando la masa. El almidón puede influir en las características de la galleta, concretamente puede afectar a la expansión de la galleta, debido a que el almidón dañado aumenta la viscosidad de la masa, ya que absorbe grandes cantidades de agua, y el almidón soluble aumenta la viscosidad de la fase acuosa (Pareyt y Delcour, 2008). Las proteínas también pueden tener un efecto sobre el diámetro de la galleta. Además, tanto la cantidad como la calidad de las proteínas tienen un papel importante en la absorción de agua y en el comportamiento reológico de la masa (Maache-Rezzoug et al., 1998). En general, se considera que para la elaboración de galletas tipo sugar-snap son mejores las harinas de poca fuerza, las cuales tienen bajo contenido en gluten. Sin embargo, diversos autores han concluido que es más importante el contenido proteico que su composición (Pareyt y Delcour, 2008). Otro ingrediente importante en la mayoría de las galletas es el azúcar. Además de proporcionar dulzor, el azúcar contribuye a la incorporación de aire en la masa durante el “cremado”, a la expansión, a la crujencia, así como al color de las galletas (Chan, 2006), ejerciendo un efecto sobre la estructura y la textura de las mismas (Chiotelli et al., 2000; Manley, 2000). La principal función de la grasa es hacer que los productos sean más tiernos, y mejorar el sabor y la sensación en boca (Lai y Lin, 2006). La grasa rodea las proteínas y los gránulos de almidón, y los aísla, rompiendo así la continuidad de la estructura de la proteína y el almidón (Ghotra et al., 2002), afectando a las propiedades texturales de la masa. Otra función de la grasa es la mejora del volumen, afectando a la densidad de la masa (Lai y Lin, 2006; Manley, 2000).

La elaboración de productos sin gluten necesita del uso de diferentes harinas libres de gluten, por lo que, a menudo, el sabor resultante no se parece a los clásicos productos con gluten. En los últimos años los investigadores han trabajado en un enfoque distinto de los productos sin gluten, incluyendo el uso de almidones,

productos lácteos, hidrocoloides, otras proteínas sin gluten, prebióticos y combinaciones, como alternativas al gluten, para mejorar la calidad de estos productos (Sarabhai et al., 2015). La mayoría de los estudios sobre elaboración de galletas sin gluten utilizan distintas harinas de cereales sin gluten, como las de trigo sarraceno (Hadnađev et al., 2013; Kaur et al., 2014; Torbica et al., 2012) y/o harina de arroz (Chung et al., 2014; Torbica et al., 2012), o una mezcla de éstas con otras harinas de cereales (maíz, sorgo o mijo) o leguminosas (Altındağ et al., 2014; Rai et al., 2014). Entre todas ellas, la harina de arroz es bien aceptada y una de las más usadas para la fabricación de productos sin gluten debido a su sabor suave, color blanco, alta digestibilidad, y a sus propiedades hipoalergénicas (Marco y Rosell., 2008).

Respecto a la calidad nutricional, las formulaciones basadas en arroz tienen bajo contenido en vitaminas, minerales, proteínas y fibra alimentaria (Sciarini et al., 2010; Thompson et al., 2005). Otros autores se han centrado en la mejora nutricional de galletas. Chung et al. (2014) utilizaron harina de arroz integral germinado y tratado con vapor. Se han estudiado también otras mejoras nutricionales como la sustitución de parte de la harina de arroz y almidón por harina de burití (*Mauritia flexuosa*) con el objetivo de aumentar el contenido en fibra insoluble (Becker et al., 2014) o la utilización de una mezcla de harina de mijo y de sorgo (Rai et al., 2014).

Los hidrocoloides, que se adicionan de forma habitual en el desarrollo de productos sin gluten, también se han estudiado en la elaboración de galletas sin gluten. Hadnađev et al. (2013) adicionaron carboximetil celulosa (CMC) obteniendo una masa más cohesiva para la manipulación y el formado, y unas galletas con una forma más regular y sin grietas en su superficie. Kaur et al. (2014) usaron la goma xantana, aumentando el contenido en humedad de las galletas, su diámetro, altura y peso, y disminuyendo la resistencia a la rotura. Otra forma de mejorar las propiedades tecnológicas es la utilización de enzimas como la transglutaminasa para suplementar distintas mezclas de harinas sin gluten (de trigo sarraceno, arroz y maíz) (Altındağ et al., 2014) y así modificar la funcionalidad de las proteínas y promover su entrecruzamiento, obteniendo galletas con mayor contenido en humedad, tasa de expansión (deseable para una mejor calidad) y fracturabilidad, pero con menor dureza. Yamsaengsung et al. (2012) elaboraron galletas añadiendo harina de garbanzo a la harina de trigo sarraceno. El producto final tenía mejor valor nutritivo que las galletas a base de trigo, ya que la harina de garbanzo tiene mayor contenido en proteínas, y se aumentó la aceptabilidad de los consumidores a las galletas sin gluten.

Como ya se ha comentado anteriormente, la proporción de almidón y proteína de las harinas juega un papel muy importante en la calidad final de las galletas, por su distinta capacidad de retención de agua y su influencia en la reología de las masas y

en la expansión durante el horneado (Pareyt y Delcour, 2008). Por tanto la incorporación de almidones o proteínas podría ayudar a regular la expansión en el horneado y el diámetro de las galletas libres de gluten. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el nivel proteico también afecta a la reología de las masas y a la textura de las galletas, al menos en el caso de galletas de trigo (Gaines et al., 1989). Los estudios sobre el efecto de la incorporación de almidones y proteínas en galletas libres de gluten son muy escasos. Schober et al. (2003) usaron mezclas de harina de arroz integral, almidón de maíz y de patata, harina de soja, harina de trigo sarraceno y copos de mijo, siendo la combinación arroz integral, almidón de maíz, almidón de patata y harina de soja en proporción 70-10-10-10 respectivamente, la que dio como resultado galletas más parecidas a las de trigo y con una mejor aceptabilidad sensorial. Arendt et al. (2002) estudiaron los efectos de almidón de arroz, maíz, soja, mijo, trigo sarraceno y patata en combinación con diferentes fuentes de grasa en la formulación de galletas sin gluten. Pérez et al. (2013) estudiaron la adición de concentrado de proteínas de suero para aumentar el contenido en proteínas de las galletas. Sarabhai et al. (2015) incorporaron proteína de suero lácteo y soja en este tipo de elaboraciones, pero lo hicieron junto con emulgentes.

### 3. Objetivos.

La literatura científica adolece de estudios sobre el efecto de la combinación harina-almidón-proteína sobre las propiedades físicas y sensoriales de las galletas. El objetivo de este trabajo es estudiar tal efecto en galletas de tipo sugar-snap con diferentes niveles de sustitución de harina de arroz, almidón de maíz y proteína de guisante, para obtener galletas con mayor valor nutricional, mejores características físicas y con buena aceptabilidad por el consumidor.

Se realizará una caracterización de las mezclas de harina-almidón-proteína determinando su capacidad de absorción de agua y aceite. Además se determinará la consistencia de las masas, mediante pruebas reológicas, así como las propiedades físicas (dimensiones, humedad, color y textura) y sensoriales (aspecto, olor, textura, sabor y valoración global) de las galletas elaboradas.

#### 4. Materiales y métodos.

##### 4.1. Materiales.

Los ingredientes usados para la elaboración de las galletas fueron harina de arroz (8,01g/100g de proteína; granulometría 132-200 $\mu$ m y 12,05% de humedad) suministrada por Harinera Castellana (Medina del Campo, Valladolid, España), almidón de maíz (DAESANG, Korea), proteína de guisante Nutralys F85M (Roquette, Leutrem, Francia), azúcar refinado (AB Azucarera Iberia, Valladolid, España), grasa (Argenta Crema, Puratos, Barcelona, España), bicarbonato sódico (Manuel Riesgo S.A., Madrid, España) y agua de la red local.

La proteína de la harina se determinó mediante el método AACC 46-11 (AACC, 2012), y su granulometría fue proporcionada por el fabricante. Tanto la humedad de la harina como la del almidón y la proteína se determinaron mediante el método AACC 44-15.02 (AACC, 2012).

##### 4.2. Métodos.

###### 4.2.1. Caracterización de las mezclas harina-almidón-proteína.

Se caracterizaron las diferentes mezclas harina-almidón-proteína analizando sus propiedades de hidratación y absorción de aceite. La capacidad de hinchamiento (*Swelling volumen*, SV), o volumen ocupado por un peso conocido de muestra, se determinó mediante la adición de 100 ml de agua destilada a 5 g ( $\pm$  0,1 g) de la muestra de harina-almidón-proteína en un tubo de ensayo y permitiendo su hidratación durante 24 h. La capacidad de retención de agua (WHC), definida como la cantidad de agua retenida por la muestra sin ser sometida a ningún tipo de estrés, se determinó sobre la misma suspensión utilizada para evaluar la capacidad de hinchamiento, pesando el sólido hidratado una vez eliminado el exceso de agua. Los valores obtenidos se expresaron como gramos de agua por gramo de sólido (Método AACC 88-04; AACC, 2012). La capacidad de fijación de agua (WBC, Water Binding Capacity), o cantidad de agua retenida por la muestra después de haber sido centrifugada, fue medida empleando el método AACC 56-30.01 (AACC, 2012). Las propiedades de hidratación se analizaron por duplicado.

La capacidad de absorción de aceite (OAC, Oil Absortion Capacity) se determinó mediante el método desarrollado por Lin et al. (1974). Se añadió 1 ml de aceite vegetal a 100 mg ( $\pm$  0,2 mg) de las distintas mezclas harina-almidón-proteína. Se agitó durante

1 min con una varilla de alambre para dispersar la muestra en el aceite. Después de un período de 30 min en el mezclador vórtex, los tubos se centrifugaron a 3000 x g y 4°C durante 10 min. El sobrenadante se retiró cuidadosamente con una pipeta, se invirtieron los tubos durante 25 min para eliminar los restos de aceite y se pesó el residuo. La capacidad de absorción de aceite se expresó como gramos de aceite por gramo de muestra seca. Se realizaron tres repeticiones de cada muestra. La OAC se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{OAC (g / g)} = W_r / W_i \quad (1)$$

donde  $W_r$  es el peso del residuo y  $W_i$  es el peso de la muestra.

#### 4.2.2. Elaboración de las galletas.

Se utilizó la fórmula propuesta por Pareyt et al. (2008) para la elaboración de las galletas, para una cantidad de masa de 800g (Tabla 1). Todas las formulaciones fueron preparadas usando las mismas cantidades de ingredientes excepto para el agua, la cual fue añadida para ajustar la humedad de la masa hasta el 15%. La harina fue sustituida por almidón y proteína según las proporciones indicadas en la tabla 2.

Tabla 1: Formulación base de la masa para la elaboración de las galletas (Pareyt et al., 2008).

Ingredientes	gramos	%
Harina	346,4	43,3
Azúcar	249,6	31,2
Margarina	155,2	19,4
Agua	41,6	5,2
Bicarbonato sódico	7,2	0,9
Total	800	100

Tabla 2: Porcentajes de sustitución de harina por almidón y/o proteína.

Mezclas	Harina de arroz (%)	Almidón de maíz (%)	Proteína de guisante (%)
Control	100	0	0
2	90	0	10
3	80	0	20
4	70	30	0
5	65	25	10
6	60	20	20
7	40	60	0
8	35	55	10
9	30	50	20

Para la elaboración de las galletas, en primer lugar se calentó la margarina en el microondas durante 1 minuto a 1000 wátios de potencia. Ésta, junto con el azúcar se batieron en una batidora Kitchen Aid Profesional 5KPM50 (Kitchen Aid, Michigan, USA), con un batidor plano, durante 180 segundos a velocidad 4 hasta conseguir una crema, con paradas cada 60 s para realizar el “raspado”, es decir, separar la masa pegada a las paredes e incluirla al resto de la masa. Posteriormente se añadió el agua y se continuó con el “cremado” durante 120 s, con “raspado” intermedio. Finalmente, se añadió la mezcla harina-almidón-proteína junto con el bicarbonato y se continuó mezclando a velocidad 2 durante 120 s, con “raspado” cada 30 s. La masa ya preparada se envolvió en film de cocina y se dejó reposar durante 30 minutos a temperatura controlada (24°C). Tras el reposo se realizó un prelaminado, con una laminadora Salva L-500-J (Salva, Lezo, España), a 10 mm de altura y a continuación un laminado final a 6 mm, realizando dos pasadas a cada altura. Las galletas se troquelaron con un molde circular de 40 mm de diámetro, se pesaron dos de ellas y se hornearon durante 14 minutos a 185°C en un horno eléctrico. Se realizaron dos elaboraciones de cada tipo de galleta. Tras una hora de enfriamiento, se pesaron de nuevo las dos galletas anteriormente mencionadas para determinar la pérdida de peso.

#### 4.2.3. Propiedades de la masa.

El comportamiento reológico de la masa se estudió mediante un reómetro de deformación controlada Thermo Scientific Haake RheoStress 1 (Thermo Fisher Scientific, Schwerte, Alemania) y un baño de agua Phoenix II P1-C25P que controló la temperatura del 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 (*gap*) de 3 mm. Después del ajuste del *gap* a 3 mm, se aplicó aceite de vaselina (Panreac, Panreac Química SA, Castellar del Vallés, España) para cubrir la superficie de muestra expuesta. En los ensayos oscilatorios, la masa descansó durante 800 segundos antes de medir. En primer lugar, se realizó una prueba de barrido de deformación por duplicado a 25 °C con un rango de esfuerzo de 0,1-100 Pa a una frecuencia constante de 1 Hz para identificar la región viscoelástica lineal (LVR). Sobre la base de los resultados obtenidos, se utilizó un valor de esfuerzo incluido en la región viscoelástica lineal en una prueba de barrido de frecuencia a 25°C con un rango de frecuencia de 10 a 0,1 Hz. Los valores del módulo elástico ( $G'$  [Pa]), de módulo viscoso ( $G''$  [Pa]) y de la tangente  $\delta$  ( $G''/G'$ ) se obtuvieron para diferentes valores de frecuencia ( $\omega$  [Hz]) (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003) y se analizaron estadísticamente para una frecuencia de 1 Hz. Las muestras se analizaron por duplicado.

#### 4.2.4. Propiedades de las galletas.

Una hora después del horneado se midieron los diámetros y la altura de diez galletas representativas. El diámetro de cada galleta se midió dos veces, perpendicularmente, para calcular el diámetro medio. El *spread ratio*, o tasa de expansión, se determinó dividiendo la media de los dos diámetros entre la altura de la galleta. La humedad de las galletas se determinó mediante el método AACC 44-15A. Se molieron entre 30 y 40g de la muestra, se homogeneizó la muestra, se pesaron 2g de ésta y se secaron en una estufa a 130°C durante una hora. Se realizaron dos réplicas por cada elaboración.

Para determinar el color se utiliza un espectrofotómetro Minolta CN-508i (Minolta, Co. LTD, Tokio, Japón), y la medida se realiza en el centro de la superficie de seis galletas representativas de cada elaboración. Los resultados se obtuvieron usando un iluminador D65 y observador estándar 2°, y se expresaron en el espacio de color CIE  $L^*a^*b^*$ .

La textura se midió a las 24h, en ocho galletas por cada elaboración. Se intentó simular el mordisco del consumidor mediante el ensayo llamado “three point bending test” (Pareyt et al., 2009) utilizando un texturómetro TA-XT2 (Stable Microsystems, Surrey, Reino Unido) equipado con el software “*Texture Expert*”. Las condiciones experimentales fueron las siguientes: distancia entre apoyos 30 mm; un *trigger* de 5 g, distancia de desplazamiento de la sonda 50 mm, velocidad de pre-ensayo 1,0 mm/s,

velocidad de ensayo de 2,0 mm/s y velocidad de post-ensayo 10,0 mm/s. Se midió la fuerza máxima de rotura (N), el área (N·s) y la distancia a la rotura (mm).

#### 4.2.5. Evaluación sensorial.

La evaluación sensorial de las galletas fue realizada por 66 consumidores habituales de galletas entre 18 y 64 años, entre los que había estudiantes, profesores y trabajadores del campus universitario de Palencia. Se usó una escala hedónica estructurada de 9 puntos, desde “Me disgusta muchísimo” (1 pto) hasta “Me gusta muchísimo” (9 ptos), y se valoraron el aspecto visual, el olor, la textura, el sabor y la valoración global. Se eligieron las cuatro galletas con la composición más diferente que fueron elaboradas un día antes de la evaluación, y se presentaron al azar en platos de plástico blanco codificadas con cuatro números de cuatro dígitos cada uno elegidos también al azar.

#### 4.2.6. Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA simple). El método utilizado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un nivel de significación del 95% ( $p < 0,05$ ). Se empleó el software Statgraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies Inc, Warrenton, EE.UU.).

## 5. Resultados y discusión.

### 5.1. Propiedades de las harinas.

Los parámetros de hidratación son interesantes de conocer ya que pueden estar asociados a la cantidad de agua retenida por la muestra, por ejemplo durante el amasado (De Escalada Pla et al., 2007).

A la vista de los resultados obtenidos en la caracterización de las distintas mezclas (tabla 3) se observa que a medida que aumenta el contenido en proteína, aumenta también la capacidad de fijación de agua (WBC) de la mezcla, al igual que la capacidad de retención de agua (WHC). El gluten es capaz de absorber el doble de su peso en agua, mientras que el almidón sólo absorbe un tercio (Manley, 2000). Así, la mezcla con mayor contenido en proteínas (80-0-20) estaría en consonancia con lo observado por Manley (2000), con una WBC entorno al 200%. Esta tendencia fue comprobada también al observar que tanto la harina de guisante (Kohajdova et al.,

2013) como la de amaranto (Inglett et al., 2015), habas, garbanzo y el aislado de proteínas de soja (Taha et al., 2006) mostraban mayor WHC que la harina de trigo, debido a su mayor contenido en proteínas. Por el contrario, el trigo sarraceno presenta menor capacidad de retención de agua que el maíz y el arroz (Altindag et al., 2014), además del trigo (Kaur et al., 2014), a pesar de su mayor contenido en proteínas. Esto puede ser debido a la presencia de bajas cantidades de constituyentes hidrofílicos. Por otro lado se ha observado que el almidón causa el efecto contrario. A medida que aumenta su proporción en la masa la WBC, al igual que la WHC, disminuyen. En cuanto a las mezclas de harina-almidón-proteína, la WBC disminuye cuanto más almidón hay en la mezcla, debido a que grandes cantidades de éste dificultan la agregación de las proteínas (Pareyt et al., 2008).

Como ya se ha indicado, el parámetro *swelling volumen* (SV) indica la cantidad de hinchamiento de la muestra cuando absorbe agua (De Escalada Pla et al., 2007). Según los resultados obtenidos, el SV aumenta a medida que lo hace el contenido en proteínas, lo que concuerda con el estudio realizado por Kohajdova et al. (2013), en el que la harina de guisante presentó un valor de este parámetro mayor al de la harina de trigo y similar al de otras leguminosas como el garbanzo, ya que la harina de guisante y la de garbanzo tienen mayor contenido en proteínas que el trigo. Por otro lado, al aumentar la proporción de sustitución de harina por almidón el SV disminuye. En las mezclas de harina-almidón-proteína, el SV disminuye a medida que aumenta el porcentaje de almidón, por lo que podemos decir que el almidón produce un efecto negativo sobre la capacidad de hinchamiento que presenta la proteína en la mezcla.

Respecto a la capacidad de absorción de aceite (OAC) que presentaron las muestras, no se observan diferencias significativas en la sustitución de harina por almidón y/o proteínas.

Tabla 3: Caracterización de mezclas de harina-almidón-proteína.

Mix (H-A-P)	WBC (%)	WHC (g/g)	Swelling Volume (%)	OAC (g/g)
100-0-0	138,2d	8,8a	125b	1,89ab
90-0-10	173,4g	13,4cd	181,3d	1,87ab
80-0-20	201,4i	17,4f	231,25f	1,89ab
70-30-0	114,5b	9,1a	123,6b	1,82a
65-25-10	145,5e	12bc	167cd	1,84ab
60-20-20	179h	14,9e	207,1e	1,91ab
40-60-0	93,1a	8,9a	100a	1,92ab
35-55-10	130,1c	11b	125b	1,88ab
30-50-20	169,7f	14,4de	162,5c	1,96b

H-A-P: Harina-Almidón-Proteína. WBC: Water Binding Capacity (Capacidad de fijación de agua). WHC: Water Holding Capacity (Capacidad de retención de agua). Swelling Volume: Capacidad de hinchamiento. OAC: Oil Absorption Capacity (Capacidad de absorción de aceite). Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

## 5.2. Características reológicas de las masas.

En cuanto a los valores reológicos de las masas obtenidas (tabla 4), se observa que el módulo elástico ( $G'$ ) fue mayor que el módulo viscoso ( $G''$ ) a lo largo de todo el rango de frecuencias para todas las muestras con diferentes niveles, sugiriendo que éstas tenían propiedades más elásticas que viscosas. Las masas con mayor consistencia ( $G^*$ ) fueron aquellas con más alto contenido en proteínas (80-0-20) y con mayor porcentaje tanto de almidón como de proteína (30-50-20), sin haber diferencias estadísticas entre ellas, lo que significa que presentan las mayores propiedades sólidas, pudiendo estar relacionado con la alta WHC de la proteína (Inglett et al., 2015). Se comprobó que existía una interrelación entre la consistencia de la masa ( $G^*$ ) y la capacidad de absorción de agua de las mezclas con proteína (WHC), así como con las dimensiones de la galleta. Se vio que la masa era más consistente cuando las propiedades de hidratación de las mezclas eran más altas, con un grado de significación del 99,9% ( $p < 0,001$ ) (Anexo I). Estos resultados coinciden con lo observado por Inglett et al., (2015) al sustituir harina de trigo por harinas con mayor contenido proteico, como son la harina de amaranto y de avena, en la elaboración de galletas sin gluten. Del mismo modo Kohajdová et al. (2013) también comprobaron que la adición de harina de guisante en la masa de trigo resultó en un aumento de la capacidad de absorción de agua. Por otro lado, las masas más consistentes

presentaron galletas de menor diámetro ( $p < 0,05$ ). Esta propiedad elástica que presenta la masa podría proporcionar una mejor retención de la forma durante la manipulación y el horneado (Inglett et al., 2015), lo que haría que las galletas tuvieran una forma más regular.

Por el contrario la incorporación de almidón no muestra ninguna tendencia clara sobre los resultados de la reología de las masas, ya que no se encontraron diferencias significativas con el aumento de sustitución de harina por almidón. Esto podría relacionarse con los resultados de las propiedades de hidratación, donde el efecto del almidón era menos notable, debido a que el alto contenido en almidón de la harina de arroz hace que existan menos diferencias en las propiedades de las masas cuando la harina se sustituye por almidón que cuando lo hace por proteínas.

Tabla 4: Resultados reológicos de las masas de galletas elaboradas.

Mix (H-A-P)	G' (Pa)	G''(Pa)	G*	tg $\delta$
100-0-0	148750a	36810ab	153250a	0,245e
90-0-10	278450b	57540cd	284400b	0,21d
80-0-20	672500e	94035ef	679350e	0,14a
70-30-0	105465a	28960a	109750a	0,28f
65-25-10	218400b	47730bc	223750b	0,215d
60-20-20	509400d	84410e	516500d	0,17b
40-60-0	107450a	28010a	111150a	0,26e
35-55-10	355500c	66595d	362250c	0,19c
30-50-20	712200e	101195f	720000e	0,14a

H-A-P: Harina-Almidón-Proteína. G': Módulo elástico. G'': Módulo viscoso. G\*: Módulo complejo. tg  $\delta$ : Tangente de pérdida. Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### 5.3. Propiedades de las galletas.

En general, una galleta de alta calidad debe tener una dureza adecuada (lo suficiente para mantener su forma durante el transporte pero capaz de fracturar fácilmente cuando se mastica), una alta tasa de expansión (diámetro/altura), baja excentricidad, color marrón, aspecto atractivo y sabor agradable (Hadnađev et al., 2013).

### 5.3.1. Contenido en humedad y dimensiones de las galletas.

Como se puede ver en la tabla 5, el contenido en humedad de las galletas varía entre el 1,86% y el 3,88%, estando dentro de los límites de contenido final de agua de las galletas según su definición (1-5%) (Pareyt y Delcour, 2008). Se observó que la incorporación de almidón y/o proteína en la fórmula no influía en la humedad de la galleta. Este hecho se corroboró al comprobar que no existía una correlación entre las propiedades de absorción de agua de las mezclas y el contenido en humedad del producto final, por lo que la mayor absorción de agua que presentaron las mezclas con proteínas no implicó una mayor humedad de la galleta (Anexo I).

El diámetro de la galleta está determinado por la tasa de expansión (*spread ratio*), que a su vez depende de la viscosidad de la masa y del tiempo de expansión (Miller y Hosney, 1997). Se comprobó que existe una correlación positiva entre el diámetro y el *spread* ( $p < 0,001$ ), avalado también por otros estudios (Shober et al., 2003). Los resultados mostraron que a medida que se aumentaba el contenido en proteínas, disminuía la altura de la galleta así como el diámetro, es decir, expandía menos. Sin embargo, el *spread ratio* no presentó diferencias significativas al compensarse el efecto de la proteína o el almidón sobre la altura y el diámetro, ya que el *spread ratio* relaciona estos dos parámetros. En el estudio de Pareyt et al. (2008) las mayores tasas de expansión también se obtuvieron cuando no se añadió gluten, dando lugar a una estructura inaceptable, mientras que el diámetro de la galleta disminuyó con el aumento de los niveles de gluten, y por tanto de proteínas. Esto puede ser debido a la disponibilidad del agua en la masa. Así, el agua libre juega un papel crítico en la determinación de la tasa de expansión. Cuanta más agua libre existe, menor es la viscosidad interna de la masa y mayor es la tasa de expansión de las galletas en el horno (Chung et al., 2014). Se evidenció que la alta retención de agua que presentan las mezclas con proteína está correlacionada negativamente con el diámetro de la galleta ( $p < 0,001$ ), lo que concuerda con los estudios de Barak et al. (2012). Esta propiedad de hidratación hace que exista menos agua libre en la masa, lo que explica que a mayor contenido en proteínas la galleta expanda menos. Similares resultados encontraron Pareyt et al. (2008) en su estudio de galletas elaboradas a partir de una mezcla de almidón y gluten comerciales. Observaron como la tasa de expansión (*spread ratio*) disminuía a medida que aumentaba el nivel de gluten, debido a que éste tiene mayor capacidad de retención de agua que el almidón, obteniendo galletas de menor diámetro. Sarabhai et al. (2015) también comprobaron que el *spread* disminuía con el aumento del porcentaje de sustitución de harina de arroz por aislado de proteína de soja (del 5 al 10% de sustitución). Este comportamiento también se vio al

sustituir harina de trigo por harina de soja (Kulthe et al., 2014) o harina de trigo sarraceno (Kaur et al., 2014). Taha et al. (2006) lo observaron igualmente al añadir proteína de garbanzo, habas y soja, así como otros autores al aumentar el nivel de sustitución de harina de guisante en la harina de trigo para la elaboración de galletas (Kohajdova et al., 2013; Kamaljit et al., 2010; Tiwari et al., 2011), siendo todas ellas harinas con alto contenido en proteínas. Gaines y Finney (1989) avalan también que harinas con alto contenido en proteínas tengan un efecto adverso en la tasa de expansión de las galletas, la cual tiene una gran dependencia con la viscosidad de la masa (Pareyt y Delcour, 2008). De manera contraria, esto también explica el aumento de diámetro encontrado a medida que lo hacía la cantidad de almidón en la fórmula, ya que la cantidad de proteínas en la masa es menor.

Como se ha comentado anteriormente, el menor diámetro y la forma más regular de las galletas con mayor contenido en proteínas estarían relacionados con las mayores propiedades elásticas de sus masas. Así, se observó que las galletas que no contenían proteínas (70-30-0 y 40-60-0) presentaron unas masas menos consistentes ( $G^*$ ), dando como resultado galletas que expandían más y que tenían una forma más irregular. Si bien, se debe destacar que la galleta con mayor contenido en almidón (40-60-0) no se consideró representativa, ya que presentó una masa muy pegajosa y con problemas de laminado y formado, dando lugar a galletas con el menor grosor y una tasa de expansión elevada. A pesar de esto, la tendencia general de los resultados obtenidos está avalada por el estudio de Schober et al. (2003), donde se observó que la utilización de harina comercial sin gluten daba lugar a masas más pegajosas, ya que tienen alto contenido en almidón y pocas proteínas, conduciendo a galletas con mayor *spread* y más ovaladas. Sin embargo la utilización de la mezcla de harina de arroz integral con almidón de maíz, almidón de patata y harina de soja (mayor contenido en proteínas) dio una masa más firme y menos pegajosa, y las galletas fueron más redondas y delgadas (Schober et al., 2003).

Respecto a la altura de la galleta, se observó una tendencia general de aumento generalizado de ésta a medida que se incrementaba el contenido en almidón en la mezcla, así como una disminución con el incremento en proteínas de la fórmula. Sin embargo no se encontraron correlaciones significativas entre la altura y el diámetro, ni entre la altura y las propiedades de hidratación o las características de las masas. Estos resultados están en consonancia con los encontrados por Inglett et al. (2015), los cuales observaron que las galletas control de trigo presentaban mayor diámetro y altura que las que contenían amaranto, y por tanto mayor contenido en proteínas. El incremento de la altura con el mayor porcentaje de almidón podría deberse a que el gas generado durante el horneado, por la reacción ácido-base del bicarbonato sódico,

junto a las características viscosas de las masas (Inglett et al., 2015), provoca la aparición de burbujas que son más visibles en las mezclas que no contienen proteínas, lo que hace que la altura de estas galletas sea mayor. El alto contenido en proteínas del resto de mezclas hace que estas masas no sean fácilmente expansibles, y proporcionen galletas con una estructura interna más compacta sin túneles en su interior (Sarabhai et al., 2015).

Tabla 5: Resultados de humedad, dimensiones y expansión de las galletas elaboradas.

Mix (H-A-P)	Humedad de la galleta (%)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Tasa de expansión
100-0-0	2,76ab	8,87c	44,27c	4,99a
90-0-10	3,29bc	8,01b	42,57b	5,32a
80-0-20	2,77abc	7,32a	40,52a	5,53a
70-30-0	2,93abc	9,59d	48,56d	5,06a
65-25-10	2,47ab	8,72c	44,29c	5,08a
60-20-20	3,88c	8,05b	42,11b	5,23a
40-60-0	2,51ab	7,16a	57,98e	8,15b
35-55-10	1,86a	9,76d	47,86d	4,90a
30-50-20	3,12bc	8,57bc	44,44c	5,19a

H-A-P: Harina-Almidón-Proteína. Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### 5.3.2. Medida del color de las galletas.

El color, junto con la textura y el sabor, es una característica importante en la determinación de la aceptabilidad de las galletas (Zucco et al., 2011; Pérez et al., 2013). Este se desarrolla principalmente durante el horneado a través de las reacciones de Maillard que se producen entre azúcares reductores y proteínas, y posiblemente también por la dextrinización del almidón y su caramelización (Chevallier et al., 2000; Gómez et al., 2008; Zucco et al., 2011). Las reacciones de Maillard tienen lugar antes que la reacción de caramelización si hay aminoácidos presentes.

En la tabla 6 se puede ver que la galleta control presenta el valor más elevado de luminosidad, dando lugar a las galletas más claras. El valor de  $L^*$  disminuye a medida que aumenta de 10 a 20% el contenido en proteínas, siendo ambas más oscuras que el control de harina de arroz. Se comprueba así que el contenido en proteína tiene una

correlación negativa con la luminosidad de la galleta (Chevallier et al., 2000). El color más oscuro de las galletas con proteína puede ser debido, en parte, al color natural de ésta, y también a las reacciones de Maillard que tienen lugar entre azúcares reductores y proteínas, produciendo melanoidinas coloreadas que disminuyen la luminosidad de la galleta. Resultados similares obtuvieron Pérez et al. (2013) en la sustitución de harina de trigo por harina de soja (con mayor contenido en proteínas) y la adición de concentrado de proteínas de suero, produciéndose un aumento del color y una disminución de la luminosidad de las galletas obtenidas. También Sarabhai et al. (2015), y Singh y Mohamed (2007), obtuvieron galletas más oscuras cuanto mayor cantidad de aislado de proteína de soja había en la formulación, así como mediante la fortificación de galletas con proteína de habas y soja en los ensayos de Taha et al. (2006), o la sustitución de harina de trigo por harina de guisante (Kohajdova et al., 2013). Otro estudio acorde a los resultados obtenidos es el realizado por Chung et al. (2014), el cual muestra como aumenta la luminosidad ( $L^*$ ) de la galleta al ir sustituyendo la harina de trigo por harina de arroz blanco, debido a la disminución en el contenido de proteínas de la mezcla. Se observó que el almidón aumentaba la luminosidad respecto a la galleta que sólo contenía proteína cuando el contenido tanto en almidón como en proteína eran elevados (30-50-20). Las galletas que sólo contenían almidón no presentaron diferencias de color con la galleta de arroz (muestra control), con excepción de la muestra 40-60-0, siendo ésta la más oscura debido al poco grosor y elevado diámetro que presentó causados por los problemas de laminado de la masa.

Respecto a los parámetros cromáticos ( $a^*$  y  $b^*$ ) se observa que ambos aumentan a medida que lo hace el contenido en proteínas, dando galletas con tonos más rojos ( $a^*$ ) y amarillos ( $b^*$ ), como se evidencia también en el estudio de Sarabhai et al. (2015). También se observó un aumento de estos parámetros al sustituir harina de trigo por garbanzo (Yamsaengsung et al, 2012), así como soja y gluten (Singh y Mohamed, 2007), obteniéndose igualmente galletas más oscuras.

Esta disminución de la luminosidad y el aumento de la tonalidad respecto a las galletas de arroz puede ser un aspecto positivo para una mejora de la aceptabilidad por parte del consumidor, haciendo que estas galletas sean más similares a las de trigo (Mancebo et al., 2015).

Tabla 6: Resultados de color de las galletas elaboradas.

Mix (H-A-P)	L*	a*	b*
100-0-0	78,63e	0,67a	22,73bc
90-0-10	76,63cd	4,55b	23,17c
80-0-20	73,94b	6,77d	26,68d
70-30-0	77,95de	0,22a	20,21ab
65-25-10	77,10cde	3,89b	23,49c
60-20-20	75,18bc	5,61c	26,23d
40-60-0	70,95a	0,82a	19,61a
35-55-10	76,70cd	3,97b	22,92c
30-50-20	77,01cde	5,69c	23,40c

H-A-P: Harina-Almidón-Proteína. Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### 5.3.3. Medida de la textura de las galletas.

La textura es uno de los factores más importantes que contribuyen a la calidad sensorial de las galletas. La dureza es la característica de textura más importante y se mide como la fuerza máxima de rotura de la galleta (Chung et al., 2014). La fracturabilidad es otro parámetro de textura, representa la distancia recorrida por la sonda antes de la rotura, es decir la deformación de la galleta antes de romperse (Hadnađev et al., 2013).

De forma general se observó que la fuerza de rotura se reducía con el aumento en proteínas de las galletas (tabla 7), mejorando la textura respecto a las galletas de arroz. Este resultado es avalado por Sarabhai et al. (2015), los cuales sustituyen hasta un 10% de harina de arroz por aislado de proteínas de soja y concentrado de proteínas de suero mejorando así la textura de las galletas de arroz al reducirse la fuerza de rotura. Hadnađev et al. (2013) también observaron una disminución en la dureza y fracturabilidad de las galletas con la sustitución parcial de arroz por trigo sarraceno. Por el contrario, Inglett et al. (2015) indicó que el alto contenido en proteínas de la harina de amaranto provocó un aumento en la dureza de la masa y las galletas, pudiendo ser debido a la elevada WHC de las proteínas. Sin embargo en este estudio no se han encontrado correlaciones entre la textura final de la galleta y la consistencia de la masa, tampoco con las propiedades de hidratación de las mezclas, dimensiones y humedad de la galleta (Anexo I).

Respecto a la incorporación de almidón, se podría pensar que si la fuerza disminuye con el aumento de proteínas, ésta aumentaría con un mayor contenido en

almidón (ya que el contenido total de proteínas es menor), sin embargo no hay una tendencia clara del efecto del almidón sobre la textura de las galletas. Las diferencias encontradas pueden deberse a la estructura interna de las galletas. Como ya se ha comentado, la masa de las galletas 40-60-0 presentó problemas de maquinabilidad, por lo que no se ha tenido en cuenta el valor de la textura, la cual fue menor al control.

Tabla 7: Valores de textura de las galletas elaboradas.

Mix (H-A-P)	Fuerza máxima (N)	Tiempo (s)	Distancia (mm)	Área (N·s)
100-0-0	28,30d	0,17a	0,34a	3,38bc
90-0-10	27,26cd	0,17a	0,37a	2,63ab
80-0-20	25,30bc	0,17a	0,34a	2,48a
70-30-0	28,25d	0,21a	0,41a	3,30abc
65-25-10	22,82a	0,17a	0,34a	2,44a
60-20-20	25,43bc	0,19a	0,37a	2,50ab
40-60-0	24,03ab	0,29b	0,57b	3,87c
35-55-10	27,01cd	0,18a	0,36a	3,39abc
30-50-20	22,37a	0,18a	0,35a	2,58ab

H-A-P: Harina-Almidón-Proteína. Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

#### 5.3.4. Evaluación sensorial de las galletas.

Según algunos autores (Moskowitz y Krieger, 1995), el sabor y el olor son los atributos con mayor importancia en una galleta, seguidos de la textura y la apariencia.

Para la evaluación sensorial de las muestras se eligieron cuatro galletas, entre las que están la muestra control de arroz (100-0-0), aquella con mayor contenido en proteínas (80-0-20), almidón (70-30-0) y en ambos (30-50-20). Se descartó la muestra 40-60-0 por los problemas de formado que presentó.

La figura 1 representa los datos del análisis sensorial recogido en la tabla 8. A la vista de estos resultados se podría decir que la proteína mejora el olor de las galletas de arroz y las mezclas de harina-almidón-proteína mejoran la textura, mientras que el almidón empeora el aspecto y no mejora la textura respecto al control. A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en cuanto al sabor y a la valoración global respecto al control, las galletas con proteínas fueron las más apreciadas globalmente mientras que la galleta con almidón (70-30-0) recibió la peor puntuación.

Similares resultados se encontraron en otros estudios sensoriales con galletas que contenían proteínas o harinas con alto nivel proteico. Así, Kulthe et al. (2014) observaron que la sustitución de harina de trigo por un 20% de harina de soja desgrasada proporcionó mejores valoraciones sensoriales que las galletas de trigo en cuanto a textura, sabor y aceptabilidad general. Similares resultados obtuvieron Mohsen et al. (2009) al sustituir la harina de trigo por aislado de proteína de soja. Las galletas de arroz enriquecidas con trigo sarraceno obtuvieron una alta aceptabilidad general, siendo el sabor y el olor los atributos mejor valorados (Hadnađev et al., 2013; Torbica et al., 2012), lo que concuerda con los resultados obtenidos. Por el contrario, Yadav et al. (2010) encontró puntuaciones más bajas que el control al incorporar trigo sarraceno en la fórmula de galletas de trigo, observándose que la aceptabilidad disminuía a medida que aumentaba en contenido en trigo sarraceno (hasta 40%). Estas diferencias pueden deberse a las diferentes propiedades físico-químicas que presentan la harina de trigo y la de arroz (Torbica et al., 2012). La adición de harina de garbanzo tanto a harina de amaranto como de trigo sarraceno también mejoró el color, la textura y el sabor de las galletas sin gluten (Yamsaengsung et al., 2012). Por otro lado, Inglett et al. (2015) no observaron diferencias estadísticas en color, textura, sabor y calidad global entre las galletas elaboradas con cierto nivel de harina de amaranto-avena y las galletas control de trigo, considerándose aceptable en todos los aspectos.

Respecto a la estructura interna de las galletas elaboradas, se observó que el control y las galletas con harina-almidón presentaban grandes celdas y túneles, reduciéndose éstos con la adición de proteína de guisante. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sarabhai et al. (2015) al añadir aislado de proteína de soja a las galletas de arroz, disminuyendo además la crujiencia y la resistencia a la mordida.

Tabla 8: Resultados de la evaluación sensorial por consumidores.

Galleta	Aspecto visual	Olor	Textura	Sabor	Valoración global
Control	6,06b	5,68a	5,26ab	5,68a	5,71ab
80-0-20	5,91b	6,22b	5,77bc	5,80a	5,94b
70-30-0	5,29a	5,42a	4,86a	5,32a	5,23a
30-50-20	6,44b	5,59a	5,97c	5,68a	5,89b

H-A-P: Harina-Almidón-Proteína. Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

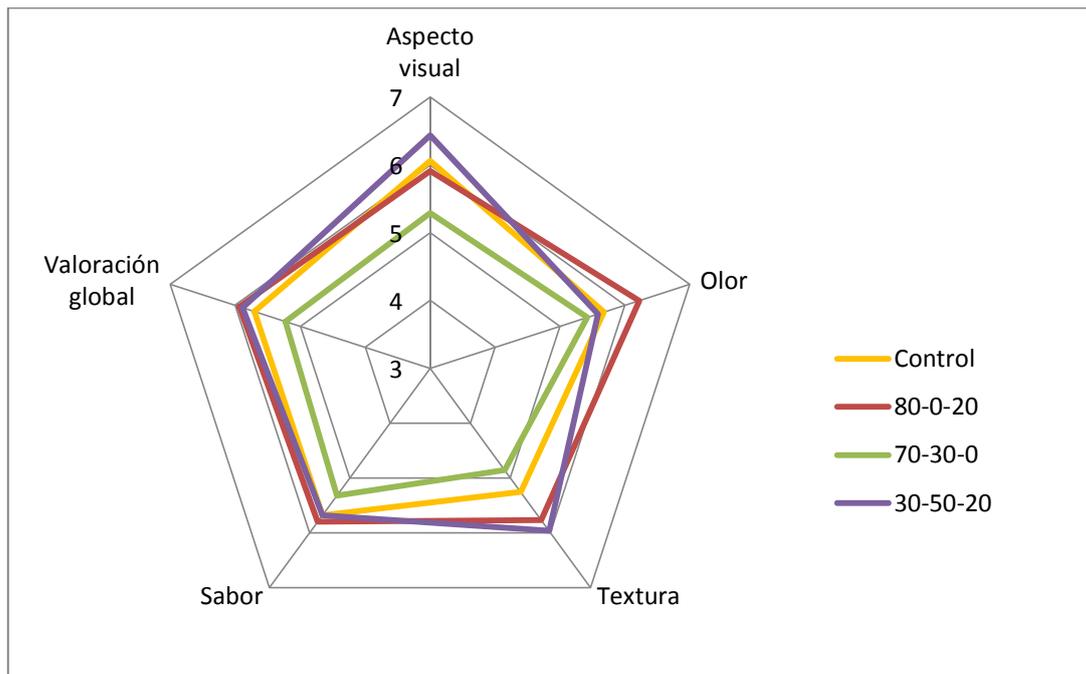


Figura 1: Perfil sensorial de las galletas evaluadas.



Figura 2: Imagen de las galletas elaboradas en el estudio.

## 6. Conclusiones.

Se puede concluir que la incorporación de proteínas de guisante en la formulación de las galletas de arroz no sólo constituye un importante aumento del valor nutricional de estas galletas por el aporte de proteínas que supone para las personas con intolerancia al gluten. También contribuye a la mejora de la manejabilidad de la masa, así como del aspecto y la textura de las galletas de arroz.

El incremento en la proporción de proteína de las mezclas de harina-almidón-proteína aumentó las propiedades de hidratación de éstas (WBC, WHC y SV), mientras que el almidón produjo el efecto contrario. Respecto a las masas, se comprobó que la consistencia ( $G^*$ ) estaba relacionada con las propiedades de hidratación de las mezclas y con el diámetro de las galletas. Así se observó que a mayor cantidad de proteínas mayor absorción de agua presentaba la mezcla, más consistente era la masa y menor el diámetro de la galleta. Esta mayor consistencia mejoró la manejabilidad de la masa, sin embargo cuando el contenido en proteínas era elevado la masa era muy quebradiza, obteniéndose un número reducido de galletas. Este problema se redujo cuando se incorporó cierta cantidad de almidón en la masa con proteínas. El aumento del contenido de proteínas de la masa dio lugar a galletas más finas y de menor diámetro, encontrando el efecto contrario al aumentar el almidón. En cuanto al color, se vio que la proteína disminuía la luminosidad ( $L^*$ ) y aumentaba los parámetros de tonalidad ( $a^*$  y  $b^*$ ) debido a que se favorecen las reacciones de Maillard al haber más cantidad de proteínas en la masa. Se obtuvieron galletas más oscuras y con mayor tonalidad que las de arroz, lo que aumentaría la aceptabilidad por el consumidor, el cual suele preferir galletas doradas. El alto contenido en proteínas también condujo a una mejora en la textura, aunque no se encontró relación entre la textura y la consistencia de la masa, las propiedades de hidratación de las mezclas, dimensiones y humedad de la galleta. Respecto a la valoración sensorial, se comprobó como la incorporación de proteína de guisante mejoraba el olor de las galletas, mientras que el almidón empeoraba el aspecto, y la combinación de ambas materias primas mejoraba la textura. Así, las galletas mejor valoradas globalmente fueron aquellas que contenían proteínas, tanto con adición de almidón como sin él.

Este trabajo puede suponer un avance en el desarrollo de galletas sin gluten, así como el establecimiento de nuevas líneas de investigación orientadas a una nueva mejora nutricional como puede ser la incorporación de distintos tipos de fibras alimentarias (solubles o insolubles), o la utilización de otro tipo de proteínas y almidones.

## 7. Agradecimientos.

Al personal del Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia que me ha prestado su apoyo en la realización de este estudio.

## 8. Referencias bibliográficas.

- Altindağ, G., Certel, M., Erem, F., & Konak, U.I. (2015). Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. *Food Science and Technology International*, 21(3), 213-220.
- American Association of Cereal Chemists. (2012). *Approved Methods of Analysis* (11th ed. Methods: 44-15A (Moisture), 46-11 (Protein), 56-30.01 (WBC), 88-04 (SV&WHC)). St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Arendt, K.K, O'Brien, C.M., Schober, T.J., Gormely, T.R., & Gallagher, E. (2002) Development of gluten-free cereal products. *Farm and Food*, 12, 21–27.
- Barak, S., Mudgil, D., & Khatkar, B. S. (2014). Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 51(7), 1342-1348.
- Becker, F.S., Damiani, C., de Melo, A.A.M., Borges, P.R.S., & Boas, E.V.B.V. (2014). Incorporation of buriti endocarp flour in gluten-free whole cookies as potential source of dietary fiber. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(4), 344-350.
- Berr, J. (2014). Going gluten-free because everyone else is?. CBSNews. URL <http://www.cbsnews.com/news/going-gluten-free-because-everyone-else-is/>. Consultado el 7-5-2015.
- Burluc, R.M., Vizireanu, C., Dinica, R., & Dima, F. (2012). The use of pseudo-cereals flours in bakery. *Scientific Study and Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 13(2), 177-186, (Article in French).
- Catassi, C. & Fasano, A. (2008). Celiac disease. In: Arendt, E.K. & Del Bello, F. (Eds.) *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (1–27). USA: Academic Press.
- Chan, S. (2006). Dietetic bakery products. In: Hui, Y. H., Corke, H., De Leyn, I., Nip, W.-K., and Cross, N. (Eds.). *Bakery Products: Science and Technology* (pp. 455–470). Ames (USA): Blackwell Publishing.
- Chevallier, S., Colonna, P., & Lourdin, D. (2000). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31(3), 241-252.

- Chiotelli, E., Rol'ee, A., & Le Meste, M. (2000). Effect of sucrose on the thermomechanical behavior of concentrated wheat and waxy corn starch – water preparations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1327–1339.
- Chung, H-J., Cho, A., & Lim, S-T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 260-266.
- Courtin, C. M., Roelants, A., and Delcour, J. A. (1999). Fractionation-reconstitution experiments provide insight into the role of endoxylanases in breadmaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), 1870–1877.
- De Escalada-Pla, M.F., Ponce, N.M., Stortz, C.A., Gerschenson, L.N., & Rojas, A.M. (2007). Composition and functional properties of enriched fibre products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). *LWT-Food Science and Technology*, 40(7), 1176-1185.
- Dobraszczyk, B.J. & Morgenstern, M.P. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38(3), 229-245.
- Fasano, A., Berti, I., Gerarduzzi, T., Not, T., Colletti, R.B., Drago S., et al. (2003). Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. *Archives of Internal Medicine*, 163(3), 286-292.
- Gaines, C.S. & Finney, PL. (1989). Effects of selected commercial enzymes on cookie spread and cookie dough consistency. *Cereal Chemistry*, 66(2), 73–78.
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J.A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*. 16(1-3), 12–30.
- Ghotra, B.S., Dyal, S.D., & Narine, S.S. (2002). Lipid shortenings: a review. *Food Research International*. 35(10),1015–1048.
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., & Fernández, E. (2008) Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology*. 41(9), 1701-1709.
- Green, P.H.R., Lebwohl, B., & Greywoode, R. (2015). Celiac disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135(5), 1099-1106.
- Hadnađev, T.R., 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 and Bioprocess Technology*, 6, 1770-1781.
- Hallén, E., Ibanoglu, S., & Ainsworth, P. (2004): Effect of fermented-germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 63(2), 177-184.

- Hoseney, R.C. & Rogers, D.E. (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. In: Faridi, H. (Eds.). *The Science of Cookie and Cracker Production* (pp. 203–225). St-Paul, Minnesota (USA): AACC.
- Inglett, G.E., Xu, J., Stevenson, D.G., & Chen, D. (2009). Rheological and pasting properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) flours with and without jet-cooking. *Cereal Chemistry*, 86(1), 1–6.
- Kamaljit, K., Baljeet, S., & Amarjeet, K. (2010). Preparation of bakery products by incorporating pea flours as a functional ingredients. *American Journal of Food Technology*, 5(2), 130-135.
- Kaur, M., Sandhu, K.S., 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(1), 628-632.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Magala, M. (2013). Rheological and qualitative characteristics of pea flour incorporated cracker biscuits. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 5(1), 11-17.
- Kulthe, A.A., Pawar, V.D., Kotecha, P.M., Chavan, U.D., & Bansode, V.V. (2014). Development of high protein and low calorie cookies. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 51(1), 153-157.
- Lai, H.M. & Lin, T.C. (2006). Bakery products: Science and technology. In: Hui, Y. H., Corke, H., De Leyn, I., Nip, W.-K., & Cross, N. (Eds.), *Bakery Products: Science and Technology* (pp. 3–65). Ames (USA): Blackwell Publishing.
- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.-M., 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(1), 23–42.
- Mancebo, C.M., Picón, J., & Gómez, M. (2015) Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 264-269.
- Manley, D. (2000). *Technology of biscuits, crackers and cookies*. (3rd ed.). Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Marco, C., & Rosell, C. (2008) Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. *Journal of Food Engineering*, 84,132–139
- Miller, R.A. & Hoseney, R.C. (1997). Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread. *Cereal Chemistry*, 74(3), 330–336.
- Miranda, J., Lasa, A., Bustamante, M. A., Churruca, I., & Simon, E. (2014). Nutritional differences between a gluten-free diet and a diet containing equivalent products with gluten. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 182-187.

- Mohsen, S.M., Fadel, H.H.M., Bekhit, M.A., Edris, A.E., & Ahmed, M.Y.S. (2009). Effect of Substitution of Soy Protein Isolate on Aroma Volatiles, Chemical Composition and Sensory Quality of Wheat Cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(9), 1705-1712.
- 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.
- Mustalahti, K., Catassi, C., Reunanen, A., Fabiani, E., Heier, M., McMillan, S., et al. (2010). The prevalence of celiac disease in Europe: results of a centralized, international mass screening project. *Annals of Medicine*, 42(8), 587-595.
- Olivares, M., Laparra, M., & Sanz, Y. (2011). Influence of *Bifidobacterium longum* CECT 7347 and gliadin peptides on intestinal epithelial cell proteome. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(14), 7666-7671.
- 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(9), 824-839.
- Pareyt, B., Wilderjans, E., Goesaert, H., Brijs, K., & Delcour, J.A., (2008). The role of gluten in a sugar-snap cookie system: a model approach based on gluten-starch blends. *Journal of Cereal Science* 48, 863-869.
- Pérez, S., Matta, E., Osella, C., de la Torre, M., & Sánchez, H.D. (2013) Effect of soy flour and whey protein concentrate on cookie color. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 120-125.
- Pozo-Rubio, T., Olivares, M., Nova, E., De Palma, G., Mujico, J.R., Ferrer, M.D., & Marcos, A., Sanz, Y. (2012). Immune development and intestinal microbiota in celiac disease. *Clinical & Developmental Immunology*, 654143.
- Rai, S., Kaur, A., & Singh, B. (2014). Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 51(4), 785-789.
- Sarabhai, S., Indrani, D., Vijaykrishnaraj, M., Milind, Kumar, V.A., & Prabhasankar, P. (2015). Effect of Protein Concentrates, Emulsifiers on Textural and Sensory Characteristics of Gluten Free Cookies and its Immunochemical Validation. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3763-72.
- Schober, T. J., O'Brien, C.M., McCarthy, D., Darnedde, A., & Arendt, E.K. (2003). Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *European Food Research and Technology*, 216(5), 369-376.
- Sciarini, L.S., Ribotta, P.D., León, A.E., & Pérez, G.T. (2010) Influence of glutenfree flours into gluten free breads: effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111, 590–597.

- Singh, M. & Mohamed, A. (2007). Influence of gluten-soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. *LWT – Food Science and Technology*, 40(2), 353–360.
- Tack, G.J., Verbeek, W.H.M., Schreurs, M.W.J., & Mulder, C.J.J. (2010) The spectrum of celiac disease: epidemiology, clinical aspects and treatment. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 7(4), 204–213.
- Taha, M., Rababah Majdi, A., Mhasneh, Khalil I, Ereifej (2006) Effect of chickpea, broad bean and isolated soya protein addition on the physiochemical and sensory properties of biscuits. *Journal of Food Science* 71(6), 438- 442.
- Thompson, L., Dennis, M., Higgs, L.A., Lee, A.R., & Sharrett, M.K. (2005) Gluten-free diet survey: Are Americans with celiac disease consuming recommended amounts of fibre, iron calcium and grain foods. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 18(3), 163–169
- Tiwari, B.K., Brennan, C.S., Jaganmohan, R., Surabi, A., & Alagusundaram, K. (2011). Utilisation of pigeon pea (*Cajanus cajan* L) by-products in biscuit manufacture. *LWT - Food Science and Technology*, 44(6), 1533-1537.
- Torbica, A., Hadnađev, M., & Hadnađev, T. D. (2012). Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. *Food Research International*, 48(1), 277-283.
- Wade, P. (1988) *Biscuits, cookies and crackers: The principles of the craft*, Vol. 1, London (UK) and New York (USA): Elsevier Applied Science.
- West, J., Logan, R.F., Hill, P.G., Lloyd, A., Lewis, S., Hubbard, R., et. al. (2003). Seroprevalence, correlates, and characteristics of undetected coeliac disease in England. *Gut*, 52(7), 960-965.
- Yadav, B. S., Ritika, B. Y., & Roshan, L. Y. (2010). Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. *International Food Research Journal*, 17, 1067-1076.
- Yamsaengsung, R., Berghofer, E., & Schoenlechner, R. (2012). Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 2221-2227.
- Zucco, F., Borsuk, Y., & Arntfield, S. D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 2070-2076.

## ANEXO I: Correlaciones entre parámetros de las mezclas de harina-almidón-proteínas, de las masas y de las galletas.

	G*	tan delta	WBC	WHC	Spread ratio	F máx (N)	Altura	Diámetro	Humedad
G*		-0,9559 (18)	0,8005 (18)	0,8701 (18)	-0,2609 (18)	-0,4327 (18)	-0,2438 (18)	-0,5702 (18)	0,2640 (18)
		<b>0,0000</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0000</b>	0,2958	0,0729	0,3296	<b>0,0135</b>	0,2897
tan delta	-0,9559 (18)		-0,8260 (18)	-0,8906 (18)	0,2936 (18)	0,4220 (18)	0,2347 (18)	0,6113 (18)	-0,2289 (18)
		<b>0,0000</b>		<b>0,0000</b>	0,2370	0,0811	0,3486	<b>0,0070</b>	0,3609
WBC	0,8005 (18)	-0,8260 (18)		0,9214 (18)	-0,4585 (18)	-0,2253 (18)	-0,2997 (18)	-0,8903 (18)	0,4293 (18)
		<b>0,0001</b>	<b>0,0000</b>		<b>0,0000</b>	0,0557	0,3686	0,2270	<b>0,0000</b>
WHC	0,8701 (18)	-0,8906 (18)	0,9214 (18)		-0,2584 (18)	-0,3069 (18)	-0,4046 (18)	-0,7011 (18)	0,3554 (18)
		<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>		0,3005	0,2155	0,0959	<b>0,0012</b>
Spread ratio	-0,2609 (18)	0,2936 (18)	-0,4585 (18)	-0,2584 (18)		-0,1562 (18)	-0,6828 (18)	0,7721 (18)	-0,1881 (18)
		0,2958	0,2370	0,0557	0,3005		0,5359	<b>0,0018</b>	<b>0,0002</b>
F máx (N)	-0,4327 (18)	0,4220 (18)	-0,2253 (18)	-0,3069 (18)	-0,1562 (18)		0,3148 (18)	0,0481 (18)	-0,0081 (18)
		0,0729	0,0811	0,3686	0,2155	0,5359		0,2032	0,8496
Altura	-0,2438 (18)	0,2347 (18)	-0,2997 (18)	-0,4046 (18)	-0,6828 (18)	0,3148 (18)		-0,0689 (18)	-0,1758 (18)
		0,3296	0,3486	0,2270	0,0959	<b>0,0018</b>	0,2032		0,7858
Diámetro	-0,5702 (18)	0,6113 (18)	-0,8903 (18)	-0,7011 (18)	0,7721 (18)	0,0481 (18)	-0,0689 (18)		-0,3669 (18)
		<b>0,0135</b>	<b>0,0070</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0002</b>	0,8496	0,7858	
Humedad	0,2640 (18)	-0,2289 (18)	0,4293 (18)	0,3554 (18)	-0,1881 (18)	-0,0081 (18)	-0,1758 (18)	-0,3669 (18)	
		0,2897	0,3609	0,0754	0,1478	0,4547	0,9745	0,4853	0,1342

Esta tabla muestra las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El tercer número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%.