

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA
I DEL MEDI NATURAL



POTENCIALIDAD DE LA FIBRA DE CAQUI
COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EN MASAS
DE GALLETAS

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNA: Sandra Fort Ochando
TUTORA ACADÉMICA: María Dolores Ortolá Ortolá
COTUTORA: María Luisa Castelló Gómez
DIRECTORA EXPERIMENTAL: Susana Rubio Arráez

Curso académico 2018/2019

Valencia, Julio 2019

POTENCIALIDAD DE LA FIBRA DE CAQUI COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EN MASAS DE GALLETAS

Valencia, Julio 2019

RESUMEN

En un contexto actual, en el que está aumentando significativamente la producción de caqui, especialmente en la Comunidad Valenciana, surge la necesidad de buscar alternativas para valorizar la elevada cantidad de excedentes producidos. Por otra parte, cada vez más el consumidor valora de forma muy positiva aquellos alimentos que incluyen componentes con posibles efectos saludables, como es el caso de la fibra dietética. Por ello, el objetivo de este estudio fue extraer y caracterizar fibra tanto de la piel como de la pulpa de caqui para su incorporación en masa de galletas. Se planteó un diseño experimental de mezclas, a partir del cual se pudieron optimizar dos formulaciones (una con fibra de pulpa y otra con fibra de piel) basados en modelos de múltiples respuestas. Con las formulaciones optimizadas se elaboraron galletas estudiándose tanto las propiedades físicas de las masas (textura, humedad y actividad de agua) como de las galletas horneadas (color y textura). Finalmente, se realizó un análisis sensorial para evaluar la aceptación del nuevo producto por parte de los catadores. En general, las galletas con fibra procedente de la piel fueron mejor valoradas que las que contenían fibra de pulpa, aunque debería mejorarse la formulación para disminuir su dureza y su oscurecimiento.

Palabras clave: Fibra, masa, caqui, galletas

Alumna: Sandra Fort Ochando

Tutora académica: María Dolores Ortola Ortola

Cotutora: María Luisa Castelló Gómez

Directora experimental: Susana Rubio Arráez

POTENCIALITAT DE LA FIBRA DE CAQUI COM A INGREDIENT FUNCIONAL EN MASSES DE GALETES

València, Juliol 2019

RESUM

En un context actual, en el que està augmentant significativament la producció de caqui, especialment a la Comunitat Valenciana, sorgix la necessitat de buscar alternatives per a valorar l'elevada quantitat d'excedents produïts. D'altra banda, cada vegada més el consumidor valora de forma molt positiva aquells aliments que inclouen components amb possibles efectes saludables, com és el cas de la fibra dietètica. Per això, l'objectiu d'este estudi va ser extraure i caracteritzar fibra tant de la pell com de la polpa de caqui per a la seua incorporació en massa de galletes. Es va plantejar un disseny experimental de mesclades, a partir del qual es van poder optimitzar dos formulacions (una amb fibra de polpa i una altra amb fibra de pell) basats en models de múltiples respostes. Amb les formulacions optimitzades es van elaborar galletes estudiant-se tant les propietats físiques de les masses (textura, humitat i activitat d'aigua) com de les galletes enforades (color i textura). Finalment, es va realitzar un anàlisi sensorial per a avaluar l'acceptació del nou producte per part dels tastadors. En general, les galletes amb fibra procedent de la pell van ser millor valorades que les que contien fibra de polpa, encara que hauria de millorar-se la formulació per a disminuir la seua duresa i el seu enfosquiment.

Paraules clau: Fibra, massa, caqui, galletes

Alumna: Sandra Fort Ochando

Tutora acadèmica: María Dolores Ortolá Ortolá

Cotutora: María Luisa Castelló Gómez

Directora experimental: Susana Rubio Arráez

POTENTIALITY OF CAQUI FIBER AS A FUNCTIONAL INGREDIENT IN DOUGH OF COOKIES

Valencia, July 2019

ABSTRACT

Currently, due to the significant increasing of persimmon production, especially in the Valencian Community, there is a need to look for alternatives to value the high amount of surplus produced. Besides, more and more the consumer appreciates positively those foods that include components with possible health effects, as is the case of dietary fiber. Therefore, the aim of this study was to extract and characterize fiber from both the skin and the persimmon pulp for its incorporation into cookie dough. An experimental design of mixtures was proposed, from which two formulations could be optimized (one with pulp fiber and the other with peel fiber) based on multiple response models. With the optimized formulations, cookies were elaborated studying both the physical properties of the masses (texture, moisture and water activity) and the baked cookies (color and texture). Finally, a sensory analysis was carried out to evaluate the acceptance of the new product by the tasters. In general, cookies with fiber from the peel were better valued than those containing pulp fiber, although the formulation should be improved to decrease its hardness and its darkening.

Keywords: Fiber, dough, persimmon, cookies

Student: Sandra Fort Ochando

Academic tutor: María Dolores Ortolá Ortolá

Cotutora: María Luisa Castelló Gómez

Experimental director: Susana Rubio Arráez

“El secreto de la felicidad no es hacer siempre lo que se quiere, sino querer siempre lo que se hace.”

Tolstoi

AGRADECIMIENTOS

Llega el final de un camino largo y costoso, pero a la vez gratificante. Por supuesto, esto no hubiera sido posible sin vuestro apoyo.

Gracias a mi familia, a los tres, por darme esa tranquilidad que en algunos momentos he perdido, pero sobre todo por apoyarme en cada una de mis decisiones. Sois la mejor familia que podría tener.

Gracias a mi compañero de viaje, por tu infinita paciencia en mis épocas de exámenes, por cada madrugón que te has pegado por mí. Gracias por ayudarme a conseguir mis metas. Por supuesto, gracias también a tu familia, que ha estado animándome a continuar.

Gracias también a mi gordita, por tu comprensión y apoyo a conseguir aquello que me propongo.

Gracias a mi compañera de grado, mi Andrea, mi amiga, sin ti no hubiera sido posible llegar hasta aquí. Gracias por atender mis dudas las 24h del día estos 5 años. Sin ti estos años no hubieran sido lo mismo.

Gracias a todos los profesionales que me han formado y han aportado su granito de arena para que ahora sea una profesional.

Gracias a mis tutoras Loles y Marisa por hacer posible la realización de dicho trabajo, por esa paciencia que han tenido. También a ti Susana, por estar en cada momento ayudándome en el laboratorio.

Cierro con una bonita sonrisa una época de mi vida para empezar una nueva con gran ilusión.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL CAQUI EN LA COMUNIDAD VALENCIANA	1
1.2 FIBRA ALIMENTARIA	2
1.3 GALLETA COMO ALIMENTO FUNCIONAL	3
2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	5
2.1 OBJETIVOS	5
2.1.1 Objetivo general.....	5
2.1.2 Objetivos específicos	5
2.1 PLAN DE TRABAJO	5
3. MATERIAL Y MÉTODOS	6
3.1 EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE CAQUI	6
3.2 ELABORACIÓN DE GALLETAS.....	6
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	7
3.4 DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	8
3.4.1 Propiedades de hidratación de la fibra.....	8
3.4.2 Actividad de agua y humedad	9
3.4.3 Propiedades mecánicas	9
3.4.4 Propiedades ópticas.....	11
3.5. ANALISIS SENSORIAL	11
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA DE CAQUI	12
4.2 CARACTERIZACION DE LAS MASAS DE GALLETA	13
4.3 OPTIMIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS FORMULACIONES	17
4.4 ANÁLISIS FISIQUÍMICO Y SENSORIAL DE LAS GALLETAS	20
5. CONCLUSIONES	27
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
7. ANEXO	32

ÍNDICE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Formulaciones obtenidas a partir de un diseño experimental de mezclas. Los resultados están expresados en gramos de componente por cada 100 gramos de harina y fibra.	8
<i>Tabla 2.</i> Parámetros del modelo para la actividad de agua y la humedad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (piel o pulpa de caqui) y agua. * p-value≤0,05; ** p-value≤0,01.	14
<i>Tabla 3.</i> Parámetros del modelo para la dureza, adhesividad y cohesividad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (piel o pulpa de caqui) y agua. * p-value≤0,05; ** p-value≤0,01	15
<i>Tabla 4.</i> Parámetros del modelo para la gomosidad y elasticidad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa o piel de caqui) y agua. * p-value ≤ 0,05; ** p-value ≤ 0,01	15
<i>Tabla 5.</i> Valores óptimos, para los cuales se optimiza, de humedad, aw, dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad.....	18
<i>Tabla 6.</i> Valores de las formulaciones optimizadas. Las unidades son gramos de componente/100 g de harina y fibra	19

ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1. Evolución de la superficie del caqui en la Comunidad Valenciana (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ESYRCE).</i>	<i>1</i>
<i>Figura 2. Evolución anual de total compras (millones kg). (Desde año 2008 hasta año 2017) (Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio ambiente).....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3. Copos de fibra secados en estufa durante 24 h a 40 °C.</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4. Horneado de las galletas.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 5. Curva ideal de un análisis de perfil de textura de TPA (Fuente: Talens, 2017)</i>	<i>10</i>
<i>Figura 6. Capacidad de hinchamiento (SC) para ambos orígenes de la fibra.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 7. Capacidad de absorción de agua (WHC) para ambos orígenes de la fibra.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 8. Capacidad de retención de agua (WRC) en función del origen de la fibra.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9. Gráficos de contorno de la variación de la actividad de agua (aw) y humedad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa corresponde a letras A y C; piel corresponde a las letras B y D) y agua.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 10. Gráficos de contorno de la variación de dureza, adhesividad y cohesividad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa corresponde letra A, C y E; piel corresponde letra B, D y F) y agua.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 11. Gráficos de contorno de la variación de gomosidad y elasticidad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa corresponde letras A y C; piel corresponde letra a las letras B y D) y agua.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 12. Gráfico de contornos para la optimización de la formulación (A: fibra de pulpa, B: fibra de piel).</i>	<i>18</i>
<i>Figura 13. Actividad de agua (aw) y humedad de la masa control y las masas optimizadas con fibra. Letras iguales indican los grupos homogéneos obtenidos del ANOVA ($p \leq 0,05$).</i>	<i>19</i>
<i>Figura 14. Propiedades mecánicas de la masa control y las masas optimizadas con fibra. Letras iguales indican los grupos homogéneos obtenidos del ANOVA ($p \leq 0,05$).</i>	<i>20</i>
<i>Figura 15. Planos cromáticos b^* vs a^* de la galleta y luminosidad (L^*) en función de las formulaciones estudiadas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p \leq 0,05$).</i>	<i>21</i>

Figura 16. Diferencia de color en función de las formulaciones estudiadas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p \leq 0,05$)..... 22

Figura 17. Fuerza máxima (N) y distancia (mm) a la que se produce la fuerza máxima. Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA 23

Figura 18. Resultados del análisis sensorial con la escala hedónica de galletas. Los valores del cociente F-ratio obtenidos del ANOVA para analizar el efecto significativo de las formulaciones sobre los atributos se presentan entre paréntesis. ** p-valor $\leq 0,05$ *p-valor $\leq 0,01$ 23

Figura 19. Porcentaje de jueces (%) que seleccionaron los diferentes niveles en la escala JAR (Just-About-Right) para cada atributo de las galletas 24

Figura 20. Porcentaje de jueces (%) que seleccionaron los diferentes niveles de intención de compra 25

Figura 21. Gráfico de penalizaciones (mean drops frente a % jueces). El color azul corresponde al grupo "Demasiado bajo" y el color rojo al grupo "Demasiado alto". Las formulaciones de las galletas están identificadas por los símbolos: círculo: control, triángulo: fibra de pulpa y cuadrado: fibra de piel..... 26

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL CAQUI EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

El caqui (*Diopyros kaki L. f.*) es una especie frutal que tiene una gran importancia en algunos países asiáticos, especialmente en China, de donde es originario y donde su cultivo empezó algunos siglos antes de Cristo (Llácer, 2002).

En la Comunidad Valenciana es un frutal tradicional. Su cultivo se ha venido realizando, en la mayoría de los casos, como árboles aislados, destinándose sus producciones al autoconsumo y sólo en ocasiones se comercializaban en el ámbito local. En los últimos años, se ha producido un importante incremento de la producción, en parte debido al desarrollo de técnicas que eliminan la astringencia por el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (Arnal y Del Río, 2003). Según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación donde se realiza la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE), se puede observar un aumento significativo en los últimos años de la superficie del caqui en la Comunidad Valenciana (Figura 1).

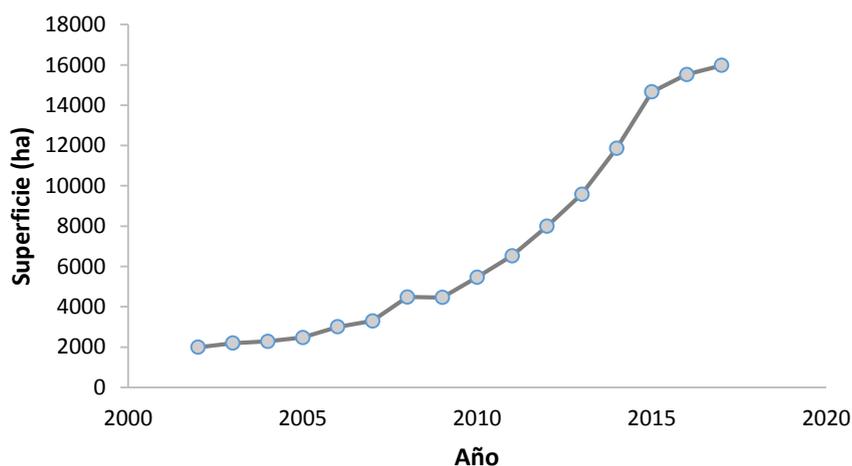


Figura 1. Evolución de la superficie del caqui en la Comunidad Valenciana (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ESYRCE).

Respecto a los subproductos generados en dicho cultivo, la directiva 2006/12/CE establece la obligación a los Estados Miembros el fomento de la reducción de los residuos mediante, entre otros, valorización de los mismos por reciclado, nuevo uso, recuperación u otra acción destinada a obtener materias primas secundarias, o también la utilización de residuos como fuente de energía. Es importante tener en cuenta que además del fruto deseado, se producen cantidades importantes de residuos orgánicos, subproductos y productos fuera de norma, que son tratados como productos de desecho y podrían ser aprovechados de diversas formas (Méndez, 1995; Milena *et al.*, 2008). Dichos subproductos, se han utilizado tradicionalmente como alimentación animal y como fertilizante. Éstos, además de contribuir al detrimento del medio ambiente, generan un problema económico asociado a la producción de residuos. Son las empresas las que se ven obligadas a asumir los altos costes de tratamiento y gestión de los mismos (Milena *et al.*,

2008; Scheel, 2016). Sin embargo, también pueden valorizarse, por lo que en los últimos años una estrategia con gran potencial está siendo la extracción de compuestos que pueden otorgar funcionalidad y pueden introducirse de diferentes modos en la cadena alimentaria (Sáez, 2017).

1.2 FIBRA ALIMENTARIA

Los consumidores son cada vez más conscientes de la relación existente entre dieta y enfermedades crónicas graves, de manera que se ha acrecentado su interés por mantener una dieta sana y equilibrada. Para muchos de ellos, un producto que contenga fibra supone un valor añadido, pues indica que dicho producto es más saludable y constituye un factor a considerar a la hora de su adquisición. Este hecho toma mayor importancia en un producto como pueden ser las galletas, debido a que es una forma sencilla de consumir fibra.

Los componentes mayoritarios de la fibra son los hidratos de carbono complejos y la lignina, aunque nuevos productos pueden ser, en el futuro, incluidos en el concepto de fibra (Escudero y González, 2006). Es por ello que históricamente ha resultado una tarea difícil definir el concepto de “fibra alimentaria”. Inicialmente una definición genérica era (según modificación de la definición de Trowel) la suma de la lignina y los polisacáridos que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del tracto digestivo humano (Cervera *et al.*, 2001). Esta definición abarca tanto los componentes solubles en el agua como los insolubles en ella. Por ello, se ha definido durante mucho tiempo como los «polisacáridos que no sean almidón, más lignina» (Peris *et al.*, 2002)

Actualmente, en la definición de fibra alimentaria debe tenerse en cuenta el trabajo pertinente del Codex Alimentarius y la declaración relativa a la fibra alimentaria que realizó el 6 de Julio de 2007 la Comisión técnica científica de productos dietéticos, nutrición y alergias de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. En este caso, se entenderá por “fibra alimentaria” (Real Decreto 1669/2009) los polímeros de hidratos de carbono con tres o más unidades monoméricas, que no son digeridos ni absorbidos en el intestino delgado humano y que pertenecen a las categorías siguientes:

- polímeros de hidratos de carbono comestibles presentes de modo natural en los alimentos tal como se consumen,
- polímeros de hidratos de carbono comestibles que se han obtenido a partir de materia prima alimenticia por medios físicos, enzimáticos o químicos y que tienen un efecto fisiológico beneficioso demostrado mediante pruebas científicas generalmente aceptadas,
- polímeros de hidratos de carbono comestibles sintéticos que tienen un efecto fisiológico beneficioso demostrado mediante pruebas científicas generalmente aceptadas.

Por otra parte, existe una clasificación de la misma en función de la solubilidad: soluble o insoluble. La fibra soluble forma una dispersión en agua; la cual conlleva a la formación de geles viscosos en el tracto gastrointestinal, que tienen la propiedad de retardar la evacuación gástrica, puede ser saludable en algunos casos, haciendo más eficiente la digestión y absorción de alimentos y generando mayor saciedad. Este tipo de fibra es altamente fermentable y se asocia

con el metabolismo de carbohidratos y lípidos (De la Llave, 2004). La fibra soluble contiene mayoritariamente, polisacáridos no-celulósicos tales como la pectina, gomas, algunas hemicelulosas (arabinosilanos y arabinogalactanos) y mucílagos (Córdoba, 2005). Esta fibra se encuentra en altas concentraciones en frutas y algas marinas (Lajolo *et al.*, 2001). La fibra insoluble aumenta el volumen de las heces hasta 20 veces su peso, debido a su capacidad de retención de agua, y se relaciona con la protección y alivio de algunos trastornos digestivos como estreñimiento. Esta fibra no se dispersa en agua, está compuesta de celulosa, hemicelulosas (arabinosilanos y arabinogalactanos) y ligninas. Las fuentes de este tipo de fibra se pueden encontrar mayoritariamente en verduras, cereales, leguminosas y en frutas (Chamorro y Mamani, 2010).

1.3 GALLETA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

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

La historia de la galleta está muy ligada a la de los cereales. Al principio, éstos no se cocían, sino que se comían mojados en agua o leche. No obstante, hace 10.000 años nuestros antepasados nómadas descubrieron que una pasta de cereales sometida a calor adquiriría una consistencia similar al pan sin levadura que permitía transportarla con facilidad (Instituto de la Galleta, 2019). Se han encontrado galletas de más de seis mil años cuidadosamente envueltas en yacimientos en Suiza (Gaytan, 2015). Esto hace que la galleta sea considerada uno de los primeros alimentos cocinados. Hoy, las galletas son un alimento popular que se encuentra en todo el mundo, sin distinción de países ni lugares. Conforman un mercado en crecimiento, con nuevas fórmulas adaptadas a los gustos del consumidor y a los parámetros de salud, rapidez y conveniencia.

El consumo de galletas forma parte de una dieta equilibrada, gracias al aporte energético de sus macronutrientes, y a las vitaminas y minerales que contienen. La ventaja es que su aporte energético es fácilmente modulable. Ello permite elegir la cantidad que se toma en cada momento. Por eso son ideales solas o combinadas con alimentos como leche, yogures, quesos frescos, frutas, zumos, confituras o chocolate.

Datos de la Asociación española de la industria de panadería, bollería y pastelería (ASEMAC, 2017) indican que el consumo doméstico de bollería y pastelería ascendió a cerca de 270 millones de kg en el año 2016, con un ligero aumento (0,01%) respecto a 2015, que en términos de valor también supuso un incremento de 0,01 %, con 1.375 millones de euros. Además, en términos per cápita, el consumo de pastelería y bollería aumentó ligeramente si se compara 2016 con 2015, hasta alcanzar 6,13 kg por persona y año (en 2015 se registró un consumo per cápita de 6,0 kg por persona y año). El informe de la Asociación española del dulce del año 2016 indica que el mayor consumo per cápita se debe a las galletas (8,73 kg) en comparación con caramelos y chicles (3,22 kg), turrone y mazapanes (0,58 kg), cacao y chocolate (7,19 kg) y pastelería y bollería de

marca (4,24 kg). Dicho informe también indica que el mayor consumo de las mismas se produce en el desayuno familiar (24,2 %). Por tanto, es un sector que se encuentra actualmente en continuo crecimiento.

En un contexto actual, y dada la mala fama que se le está otorgando a los productos de bollería, surge la necesidad de proporcionar alimentos funcionales, entendiéndose por alimento funcional cualquier producto alimenticio que proporcione un beneficio para la salud más allá del que aportan sus nutrientes esenciales.

Aprovechando el aumento del consumo de galletas en España (Figura 2) y los excedentes de la producción del caqui, se podrían obtener unas sabrosas galletas como alimento funcional más sostenibles y saludables que las originales.

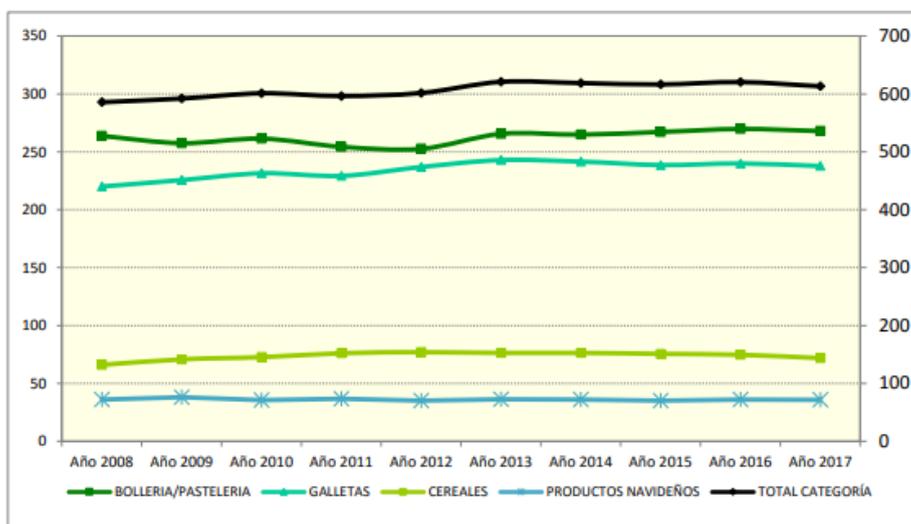


Figura 2. Evolución anual de total compras (millones kg). (Desde año 2008 hasta año 2017) (Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio ambiente).

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo general

Obtener una masa para galletas enriquecida con fibra extraída a partir de caqui con propiedades similares a una masa sin fibra. Con la masa optimizada se elaborarán galletas que serán evaluadas fisicoquímica y sensorialmente.

2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades (dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad, elasticidad, humedad y actividad de agua) de masas obtenidas con diferentes proporciones de agua, fibra de caqui (extraída de la piel o de la pulpa) y harina de trigo.
- Optimizar las formulaciones con fibra.
- Elaboración de galletas con las formulaciones optimizadas.
- Analizar las características fisicoquímicas y sensoriales de las nuevas galletas, para evaluar su aceptación por parte de los consumidores.

2.1 PLAN DE TRABAJO

Para alcanzar los objetivos expuestos en el apartado anterior, se programa el siguiente plan de trabajo:

- Búsqueda y estudio bibliográfico, de manera sistemática, durante la realización del Trabajo Final de Grado.
- Extraer la fibra del caqui separando la proveniente de la pulpa y de la piel.
- Caracterización de la fibra.
- Realizar un diseño experimental de mezclas para optimizar la formulación con las propiedades que tengan importancia de forma significativa.
- Medir color y textura a las galletas con las formulaciones optimizadas.
- Estudio de la aceptación sensorial.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE CAQUI

Como materia prima se utilizaron caquis de la variedad Rojo Brillante tipo persimon® de la Denominación de Origen Protegida Kaki Ribera del Xúquer adquiridos en un supermercado local. Para la extracción de la fibra, la fruta fue lavada con agua, secada con papel absorbente y pelada. Pulpa y piel fueron triturados por separado usando una trituradora (Thermomix® TM 5) a velocidad 3000 rpm durante 15 minutos. Las muestras de caqui triturado se congelaron a una temperatura de -20°C para conservarlo y utilizarlo en futuras extracciones. Al inicio de cada extracción, se depositaban los frascos con las muestras en un baño (J.P. Selecta Precisdig) a 60°C hasta su completa descongelación. A continuación, cada muestra se mezcló con etanol (96% v/v) a 60°C homogeneizándose durante 15 minutos en una proporción 1:2 (p/p) caqui:etanol. Finalmente, el etanol fue separado utilizando un tamiz de luz de malla de 0,5 mm. La pasta resultante se llevó a secar en la estufa (J.P Selecta, 2000201) a 40°C durante 24h (hasta alcanzar peso constante), siguiendo el procedimiento descrito por Martínez-Las Heras *et al.*, (2017) y obteniéndose un producto con el aspecto que se muestra en la Figura 3. Una vez obtenidos los copos, se trituraron en un molino (Moulinex, MC300132) a una potencia de 180 W durante 30 segundos. Se mezclaron las fibras de diferentes extracciones para eliminar el efecto lote. La fibra fue almacenada en botes de plástico sellada la tapa con parafilm para evitar la humectación. Las muestras se identificaron según el origen de la fibra, siendo la fibra de la piel (FPI) y la fibra procedente de la pulpa (FPU).



Figura 3. Copos de fibra secados en estufa durante 24 h a 40 °C.

3.2 ELABORACIÓN DE GALLETAS

Se partió de una formulación de la galleta control descrita por Raymundo *et al.*, (2014). La proporción de los diferentes ingredientes (expresados como g/100 g de harina) fueron: harina de trigo (100%), agua (29,6%), azúcar (27,8%), mantequilla (25,9%), y levadura (1,9%). Para el amasado se utilizó el método de punto pomada, donde primero se mezcla la mantequilla y los ingredientes minoritarios, durante 1 minuto a velocidad 2 de una batidora eléctrica (Kenwood,

modelo KM240 serie, Reino Unido), hasta alcanzar lo que se conoce en pastelería como “punto pomada” y posteriormente se añaden el resto de ingredientes y se mezclan durante 3 minutos a velocidad 3. En este caso, la grasa se combina con el azúcar ayudando a atrapar el aire. De hecho, la grasa envuelve individualmente los granos de azúcar impidiendo que se agreguen entre sí y formen terrones. Si no fuera así, cuando el azúcar se fundiese volvería a recrystalizar formando partículas de mayor tamaño (Cruañes, 2013). Esta etapa es determinante en la formación de la estructura del producto terminado y en la densidad de la masa. Después del amasado, se dejó reposar la masa a temperatura ambiente durante 30 minutos hasta realizar las correspondientes mediciones. Si se iba a elaborar galletas, la masa se extendió con un rodillo de 10 mm de altura y con un molde redondo se cortaron las galletas. Finalmente, se hornearon (Rational AG D-86899 Landsberg a.Lech, Germany) a 180°C con ventilación mínima y 0% de humedad, durante 20 minutos (Figura 4).



Figura 4. Horneado de las galletas.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Como pruebas preliminares, se hicieron unas masas iniciales con diferentes porcentajes de fibra sin modificar el resto de componentes para observar el comportamiento de la masa al añadir fibra. Se vio que no se podía añadir más de un 10% de fibra ya que la masa se volvía pulverulenta y era imposible amasarla. Por tanto, se estableció la necesidad de modificar al mismo tiempo tanto la cantidad de agua como la cantidad de fibra y de harina. Para ello, se planteó un diseño experimental de mezclas donde se fijaron unos límites para estos tres componentes, tomando como base de cálculo la mezcla de harina y fibra. De esta manera, la fibra debería de estar entre un 0 % y un 10 % y el contenido en agua entre un 29,6 % y 35,6 %. El resto de componentes se mantuvieron fijos. Con estos datos, utilizando el programa Statgraphics XVII, se planteó el diseño experimental que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones obtenidas a partir de un diseño experimental de mezclas. Los resultados están expresados en gramos de componente por cada 100 gramos de harina y fibra.

	Control	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Harina	100	95	90	100	90	87,9	102,1	95	95	95	95
Agua	29,6	32,6	35,6	35,6	29,6	32,6	32,6	28,36	36,84	32,3	32,6
Fibra	0	5	10	0	10	12,1	0	5	5	5	5
Mantequilla	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9
Azúcar	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
Levadura	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

3.4 DETERMINACIONES ANALÍTICAS

3.4.1 Propiedades de hidratación de la fibra

Se realizó la caracterización de la fibra determinando la capacidad de hinchamiento (SC), capacidad de absorción del agua (WHC) y capacidad de retención del agua (WRC). Para ello, se empleó la fibra ya molturada durante 30 segundos para que todas las partículas fueran similares y así poder eliminar el efecto del tamaño de partícula. Los ensayos se realizaron por triplicado siguiendo el protocolo descrito por Martínez-Las Heras *et al.*, (2017).

Capacidad de hinchamiento (SC)

La propiedad de hinchamiento se define como la tasa de volumen ocupada cuando la muestra se sumerge en exceso de agua en relación al peso real de la muestra (Raghavendra *et al.*, 2004). Para ello, se pesó 1 g de fibra en una balanza analítica para una mayor precisión. A continuación, se introdujo en un tubo de ensayo graduado y se añadieron 10 mL de agua. Se dejó 18h para determinar la capacidad de la fibra. Finalmente, con los datos obtenidos se calculó mediante la Ecuación 1:

$$SC \text{ (mL/g)} = \frac{V_f - V_0}{\text{peso inicial de la muestra}} \quad (1)$$

Siendo V_f volumen final alcanzado y V_0 volumen inicial

Capacidad de absorción de agua (WHC)

La capacidad de absorción de agua se define por la cantidad de agua que se une a las fibras sin la aplicación de ninguna fuerza externa (excepto la gravedad y la presión atmosférica). Para ello, se pesó 0,2 g de fibra y se introdujo en un tubo de ensayo graduado al cual se añadieron 10 mL de agua y se dejó 18 h que se hidratara. Pasado este tiempo se eliminó el sobrenadante y se liofilizó. Finalmente, con los datos obtenidos se calculó WHC mediante la Ecuación 2:

$$WHC \text{ (g/g)} = \frac{\text{peso de la fibra hidratada} - \text{peso de la fibra liofilizada}}{\text{peso de la fibra liofilizada}} \quad (2)$$

Capacidad de retención de agua (WRC)

La capacidad de retención de agua se define como la cantidad de agua que permanece unida a la fibra hidratada después de la aplicación de una fuerza externa (presión o centrifugación) (Raghavendra *et al.*, 2004). Para ello, se pesó 1 g de fibra y se introdujo en un tubo de ensayo graduado al cual se añadieron 10 mL de agua y se dejó 18 h que se hidratara. Pasado ese tiempo, se centrifugó a 3000 g durante 20 min y se eliminó el sobrenadante. El residuo fue liofilizado y se registró el peso final. Finalmente, con los datos obtenidos se calculó WHC mediante la Ecuación 3:

$$WRC \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{\text{peso fibra hidratada después de centrifugar} - \text{peso fibra liofilizada}}{\text{peso fibra liofilizada}} \quad (3)$$

3.4.2 Actividad de agua y humedad

La actividad de agua, se midió en un higrómetro de punto de rocío AquaLab (Decagon Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA). Previamente, se hizo una puesta a punto con una muestra de carbón activo durante 5 minutos con la finalidad de eliminar la humedad residual del interior del higrómetro. Se depositó una cantidad de muestra en una cápsula especial para medir actividad de agua de forma que cubrió toda la parte inferior y se completó la mitad de la cápsula. El ensayo se realizó por triplicado para cada muestra.

Para la humedad, se utilizó el método gravimétrico AOAC, 2000. Se pesaron cápsulas de humedad vacías y luego con muestra húmeda. Se secaron durante 3 días a 60°C la estufa (J.P Selecta, 2000201). Pasados esos días se introdujeron en la estufa de vacío (J.P. Selecta Vacioterm) durante 2 días, hasta llegar a peso constante. La humedad se determinó por diferencia de pesada. El ensayo se realizó por triplicado para cada muestra.

3.4.3 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas se evaluaron mediante un analizador de textura TA-TXT plus (Stable Microsystem, Ltd., Godalming, England, UK) usando el programa Texture Exponent Lite 32 (versión 6.1.4.0, Stable Microsystems), (UNE 87025, 1996).

Para el análisis de la masa se realizó un test de doble compresión (TPA). En éste un émbolo comprime dos veces consecutivas la muestra para simular el movimiento de la mandíbula durante la masticación. El análisis de las curvas fuerza-tiempo permite obtener diferentes parámetros texturales muy bien correlacionados con la evaluación sensorial (Escriche *et al.*, 2000). Para ello, cuadrados de masa de 10 mm de espesor fueron deformados un 30% de su peso inicial usando una placa de 75 mm de diámetro de aluminio (P/75) con 5 segundos de espera entre los dos ciclos. El ensayo se realizó por quintuplicado para cada muestra.

A continuación, se definen todos los parámetros registrados en este ensayo (Talens, 2017) y que se ilustran en la Figura 5.

Dureza

Se midió la dureza o fuerza máxima ejercida en el primer ciclo de compresión. Se define como la fuerza necesaria para deformar el alimento o hacer penetrar un objeto en él. Se midió en Newton.

Adhesividad

Se midió la adhesividad o área de fuerza negativa que se obtiene tras la primera compresión y que representa el trabajo necesario para separar el émbolo de compresión del alimento. Se define como el esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie. Se midió en gramos por segundo.

Cohesividad

Se midió la cohesividad o relación de áreas originadas en los dos ciclos de compresión y representa el trabajo necesario para comprimir la muestra por segunda vez respecto al que ha sido necesario para comprimir la primera vez. Se define como el grado de deformación de un producto antes de romperse.

Gomosidad

Se midió la gomosidad, definida como el producto de dureza por cohesividad. Se midió en Newton.

Elasticidad

Se midió la elasticidad o altura que el alimento recupera respecto a la que tenía inicialmente durante el tiempo que transcurre desde que acaba la primera compresión hasta que empieza la segunda.

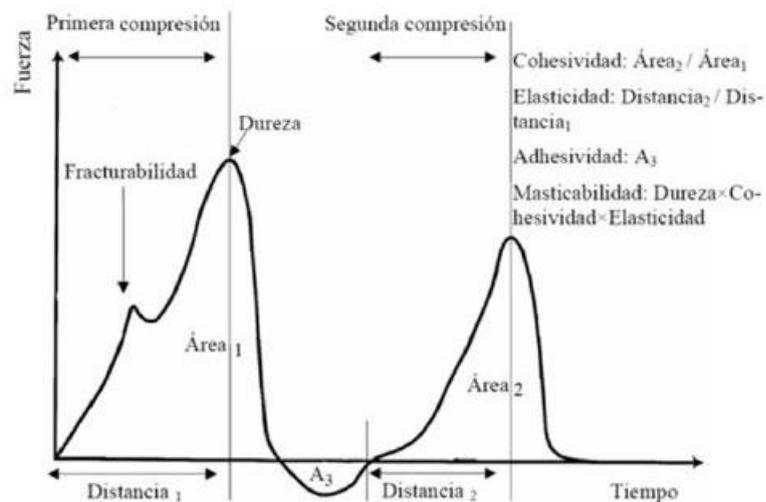


Figura 5. Curva ideal de un análisis de perfil de textura de TPA (Fuente: Talens, 2017)

Para analizar las propiedades mecánicas de las galletas horneadas, se realizó un análisis de corte con una sonda de corte: A/BS Cuchilla de corte según método AIB. Se fracturó completamente la galleta. Se realizó por triplicado para cada muestra.

3.4.4 Propiedades ópticas

Se utilizó un colorímetro Chroma meter CR-400 (Konica Minolta Sensing Americas, Inc. Ramsey, N.J., USA). Los resultados se expresaron mediante el sistema CIE $L^*a^*b^*$, con referencia al iluminante D/65 y observador 10°. Las propiedades ópticas fueron medidas en la galleta. Se determinaron la luminosidad L^* , la coordenada a^* ((+) dirección del rojo y (-) dirección del verde), la coordenada b^* ((+) dirección del amarillo y (-) dirección del azul). Se calculó la diferencia de color (ΔE^*) mediante la Ecuación 4, tomando como referencia la media de las coordenadas de la galleta control:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

3.5. ANALISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se llevó a cabo con la masa control y las masas elaboradas con fibra procedente tanto de la pulpa como de la piel cuyas formulaciones se habían optimizado. Se realizó en la sala de catas con cabinas individuales en el Instituto Universitario de Ingeniería de los Alimentos para el Desarrollo (IUIAD) de la Ciudad Politécnica de la Innovación con un panel de 30 catadores de edades comprendidas entre 18 y 65 años, de los cuáles la gran mayoría poseían conocimiento acerca de alimentos. A los catadores se les dio tres muestras codificadas con tres cifras aleatorias de forma simultánea. Debían valorar el aspecto, el color (exterior e interior), el aroma, la textura, crujencia, dureza, sabor y retrogusto de cada formulación en una escala hedónica de nueve puntos (ISO 4121:2003 y UNE-87025:1996) considerando distintos niveles desde "me disgusta mucho" hasta "me gusta mucho". Se evaluaron estos parámetros según el test Just About Right (JAR) para conocer si preferían mayor o menor intensidad de los atributos analizados. En el Anexo I se muestra la ficha utilizada para el análisis.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos en las pruebas experimentales citadas anteriormente, se realizó mediante el uso del programa Statgraphics Centurion XVI.II (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, Estados Unidos). Se llevó a cabo el Análisis de la Varianza (ANOVA simple y en algunos casos multifactorial) para evaluar el efecto de las formulaciones sobre los diferentes parámetros analizados.

La influencia de la adición de fibra sobre las variables analizadas se evaluó mediante análisis de superficies de respuesta obteniendo modelos de regresión múltiple.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA DE CAQUI

No existen diferencias significativas entre ambas fibras en relación a la capacidad de hinchamiento (SC) como se puede observar en la Figura 4. Otros autores como Meneses *et al.* (2016) y Valencia y Román (2006) presentaron resultados ligeramente superiores para otros frutos como la fibra de banano (3 mL/g) y la fibra del trigo (7,1 mL/g) y más bajo para la avena (2,3 mL/g). Cuanto mayor es la capacidad de hinchamiento de una muestra mayor capacidad de aumentar su volumen en un exceso de agua, por lo que podría provocar mayor saciedad y un aumento del bolo fecal (Valencia y Román, 2006)

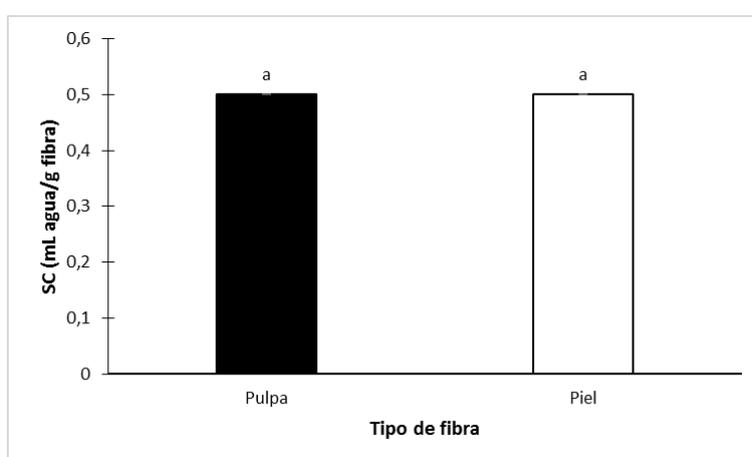


Figura 6. Capacidad de hinchamiento (SC) para ambos orígenes de la fibra.

En cuanto a la capacidad de absorción de agua, sí que existen diferencias significativas entre ambos tipos de fibra, como se muestra en la Figura 5, siendo mayor en la fibra procedente de la pulpa. Dados estos resultados se podría afirmar que la fibra procedente de la pulpa tiene un carácter más hidrófilo en comparación a la de la piel.

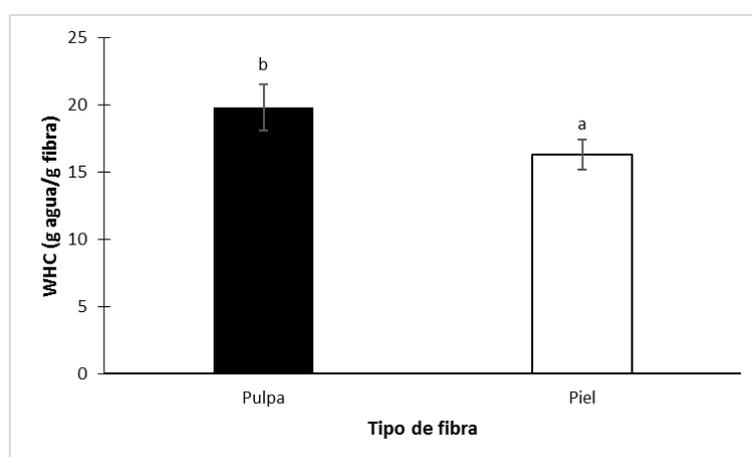


Figura 7. Capacidad de absorción de agua (WHC) para ambos orígenes de la fibra.

Por último, se determinó la capacidad de retención de agua, es decir una vez absorbida, si es capaz de retenerla. Como se puede observar en la Figura 6, no existen diferencias significativas entre ambas fibras. Un aumento de la WRC provoca un aumento del volumen de las heces y, por tanto, una disminución de la velocidad de tránsito y un aumento de la capacidad de fermentación de la fibra, provocando el crecimiento de la microflora intestinal y la absorción de sales biliares, colesterol y cationes. Además, una elevada WRC del alimento ha sido relacionada con la capacidad de reducir el nivel de glucosa en sangre (Elleuch *et al.*, 2011; Brownlee, 2011).

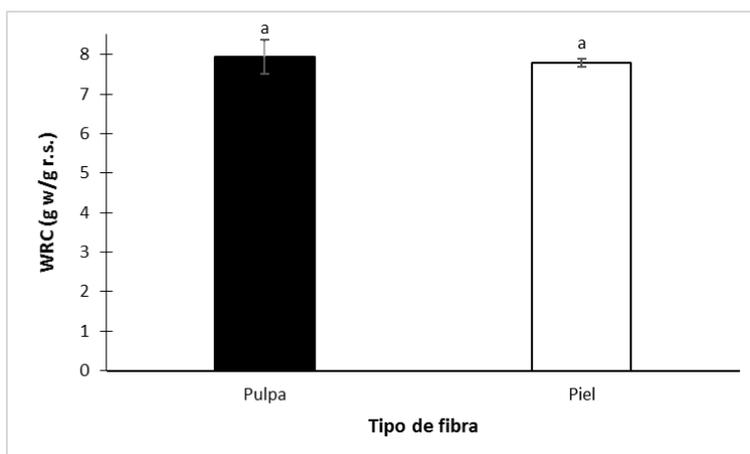


Figura 8. Capacidad de retención de agua (WRC) en función del origen de la fibra.

Cabe destacar que para resultados más precisos se debería de medir el tamaño de partícula, ya que en este estudio se ha seguido un procedimiento para una homogenización de tamaño de partícula, pero no se ha llegado a determinar dicho tamaño.

4.2 CARACTERIZACION DE LAS MASAS DE GALLETA

La influencia de los componentes agua y fibra sobre las variables respuestas (actividad de agua, humedad, dureza, adhesividad, gomosidad, elasticidad y cohesividad) obtenidas con las diferentes masas elaboradas tanto con fibra procedente de la pulpa como de la piel del caqui, se analizaron mediante modelos de regresión múltiple. Estos modelos incluirían efectos lineales, cuadráticos y sus interacciones.

En la Tabla 2 se muestran los coeficientes de los modelos tanto para la actividad de agua como para la humedad, también el nivel de significancia (p-value) de cada parámetro y el ajuste (R^2). La actividad de agua se ajusta a un modelo lineal, que incluye términos de primer orden para cada uno de los componentes (agua y fibra). Por otra parte, la humedad se ajusta también a un modelo lineal en el que solamente influye el contenido en agua.

Tabla 2. Parámetros del modelo para la actividad de agua y la humedad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (piel o pulpa de caqui) y agua. * $p\text{-value} \leq 0,05$; ** $p\text{-value} \leq 0,01$.

	a_w				Humedad (%)			
	Pulpa		Piel		Pulpa		Piel	
	Coefficiente	F-Ratio	Piel	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio
Término independiente	1,145		0,945		-26,691		10,662	
A:Agua	-0,018	21,69**	-0,004	13,38*	2,251	10,37*	0,084	38,59**
B:Fibra	0,005	8,62*	-0,008	7,77*	1,881	0,03	1,338	1,53
AA	3,20E-04	1,47	9,14E-05	0,11	-2,30E-02	0,21	8,52E-03	0,13
AB	2,17E-05	0,01	1,19E-04	0,21	-5,08E-02	1,11	-3,97E-02	3,10
BB	2,07E-04	2,64	2,46E-04	3,52	-1,98E-02	0,66	-8,17E-03	0,51
R2	92,25		89,57		75,54		92,95	

En la Figura 9 se presentan los gráficos de contorno de la variación de la actividad de agua (a_w) y de la humedad de las masas de galleta estudiadas. Como se puede observar, la humedad, como era de esperar, aumentó a medida que el contenido en agua fue mayor en la formulación. En cuanto a la actividad de agua influyó la cantidad tanto de fibra como de agua, de manera que a medida que se aumentó el contenido de agua, la actividad de agua se incrementó. Sin embargo, con el contenido de fibra sucedió al contrario, siguiendo el mismo comportamiento observado por Raymundo *et al.*, (2014) que añadieron fibra de psilio en masas de galletas y a medida que aumentaba el contenido de ésta se veía disminuida tanto la actividad de agua como la humedad.

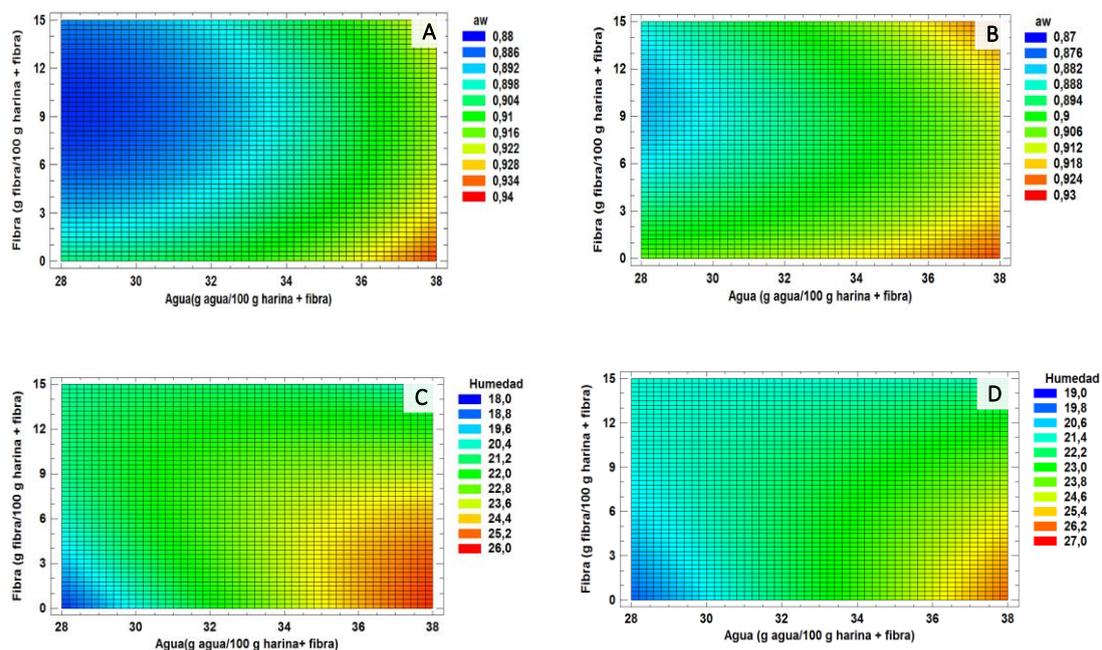


Figura 9. Gráficos de contorno de la variación de la actividad de agua (a_w) y humedad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa corresponde a letras A y C; piel corresponde a las letras B y D) y agua.

En la Tabla 3 se muestran los coeficientes del modelo para la dureza, adhesividad y cohesividad, también el nivel de significancia ($p\text{-value}$) de cada parámetro y el ajuste (R^2). La dureza se ajustó a un modelo lineal que incluye términos de primer orden para el agua en el caso de la pulpa, y

tanto para el agua como para la fibra en el caso de la piel. La cohesividad también se ajustó a un modelo lineal que incluye términos de primer orden para el agua. Se observó un buen ajuste en todos los parámetros a excepción de la adhesividad donde el valor de la R^2 fue bajo, por lo que no se considerará este parámetro para la optimización de las formulaciones.

Tabla 3. Parámetros del modelo para la dureza, adhesividad y cohesividad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (piel o pulpa de caqui) y agua. * $p\text{-value} \leq 0,05$; ** $p\text{-value} \leq 0,01$

	Dureza (N)				Adhesividad (g-s)				Cohesividad			
	Pulpa		Piel		Pulpa		Piel		Pulpa		Piel	
	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio
Term. Indep.	-233,927		137,728		-39,384		0,948		1,294		0,686	
A:Agua	15,230	6,80	-6,441	59,32**	2,344	0,37	-0,019	1,07	-0,082	13,41*	-0,047	10,30*
B:Fibra	13,330	14,78*	12,606	48,69**	-0,632	0,22	-0,966	0,19	0,045	0,80	0,055	1,00
AA	-2,34E-01	0,57	8,16E-02	0,27	-3,66E-02	1,20	-5,58E-04	0,00	1,68E-03	0,55	1,18E-03	0,30
AB	-3,62E-01	1,50	-3,57E-01	5,76	1,63E-02	0,26	2,58E-02	0,58	-8,78E-04	0,16	-1,89E-03	0,85
BB	5,63E-02	0,14	8,55E-02	1,29	1,08E-02	0,45	8,00E-03	0,22	-1,71E-03	2,44	1,75E-04	0,03
R2	87,01		97,04		44,87		34,77		82,69		81,06	

En la Tabla 4 se muestran los coeficientes del modelo para la gomosidad y la elasticidad, también el nivel de significancia (p-value) de cada parámetro y el ajuste (R^2). La gomosidad se ajustó a un modelo lineal donde, por una parte, en el caso de la pulpa incluyó términos de primer orden para el componente agua, y por otra parte en el caso de la piel incluyó términos de primer orden tanto para el agua como la fibra además de la interacción entre ambas. La elasticidad, en el caso de la piel, se ajustó a un modelo lineal que incluyó el término de primer orden para el componente agua, mientras que para la pulpa los coeficientes del modelo no fueron significativos en ningún caso.

Tabla 4. Parámetros del modelo para la gomosidad y elasticidad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa o piel de caqui) y agua. * $p\text{-value} \leq 0,05$; ** $p\text{-value} \leq 0,01$

	Gomosidad (N)				Elasticidad			
	Pulpa		Piel		Pulpa		Piel	
	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio	Coefficiente	F-Ratio
Término independiente	-26,698		23,046		2,43		-0,007	
A:Agua	5,513	2,23	-1,032	74,58**	-0,14	7,23	-0,002	9,91*
B:Fibra	4,579	11,42*	4,861	102,91**	0,04	0,17	0,094	1,12
AA	-8,21E-02	0,46	1,54E-02	0,18	2,52E-03	0,86	6,04E-04	0,08
AB	-1,09E-01	0,88	-1,36E-01	15,65*	-9,42E-04	0,13	-3,24E-03	2,55
BB	-2,32E-02	16,00	2,08E-02	1,43	-9,81E-04	0,56	6,52E-04	0,40
R2	80,78		98,18		71,97		84,46	

En la Figura 10 se presentan los gráficos de contorno de la variación de la dureza, adhesividad y cohesividad de las masas de galleta estudiadas. En cuanto a la dureza, se observó que a medida que se aumentaba el contenido de fibra aumentó la misma, mientras que al aumentar el contenido en agua disminuyó. En la adhesividad no se observó una tendencia clara en coherencia con lo comentado anteriormente en la Tabla 3. En la cohesividad, en ambos casos se vio que aumentaba a medida que se incrementaba el contenido en agua, obteniéndose valores superiores de este parámetro para la fibra procedente de la pulpa en comparación con la procedente de la piel. Estos resultados son coherentes por los descritos por Raymundo *et al.*,

(2014) donde observaron que a medida que se añadía fibra de psilio en la formulación disminuía la cohesividad de la masa de galleta.

En la Figura 11 se presentan los gráficos de contorno de la variación de la gomosidad y la elasticidad de las masas de galleta estudiadas. En la gomosidad, se observó que aumentaba a medida que aumentaba el contenido en fibra, manifestando un comportamiento similar al de la dureza. Por otra parte, las masas formuladas con bajos contenidos en fibra de piel y agua fueron las menos elásticas, mientras que las más elásticas fueron las que tuvieron mucha agua sin fibra. En el caso de las formulaciones con fibra de pulpa, al no presentar significancia los coeficientes del modelo, la interpretación del gráfico de contorno no tiene relevancia.

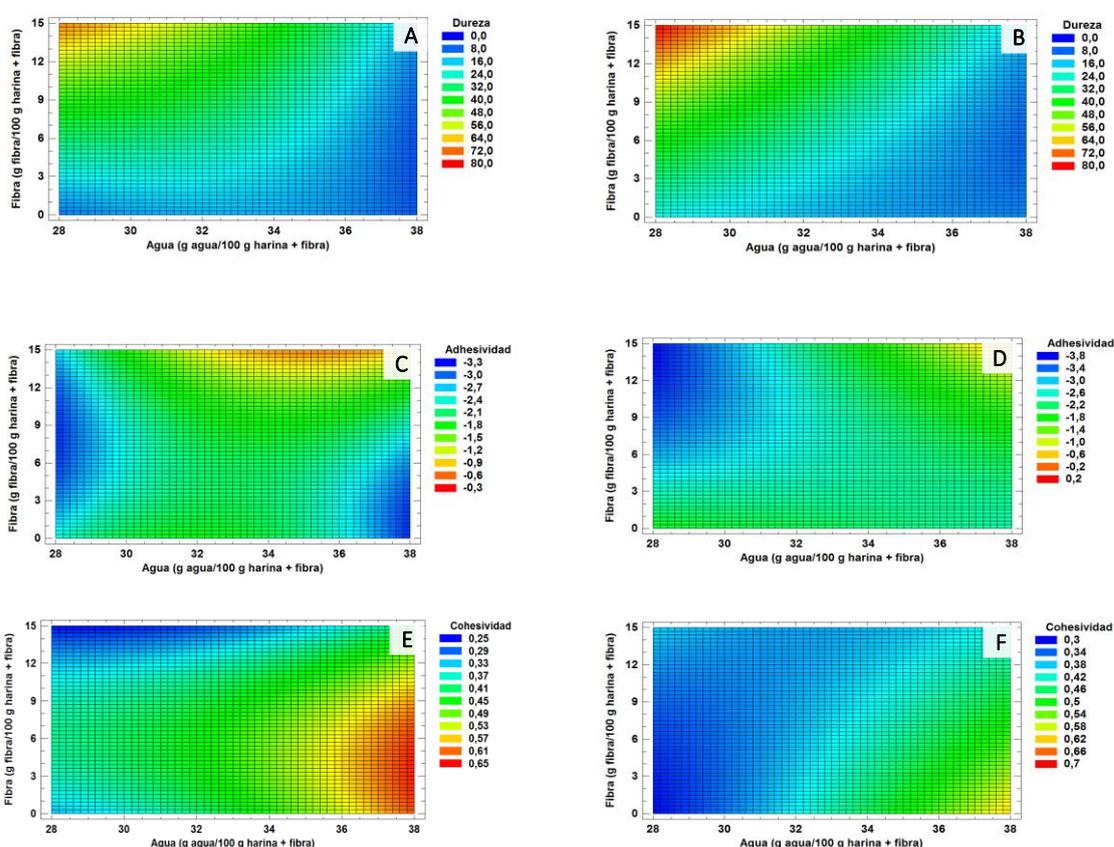


Figura 10. Gráficos de contorno de la variación de dureza, adhesividad y cohesividad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa corresponde letra A, C y E; piel corresponde letra B, D y F) y agua.

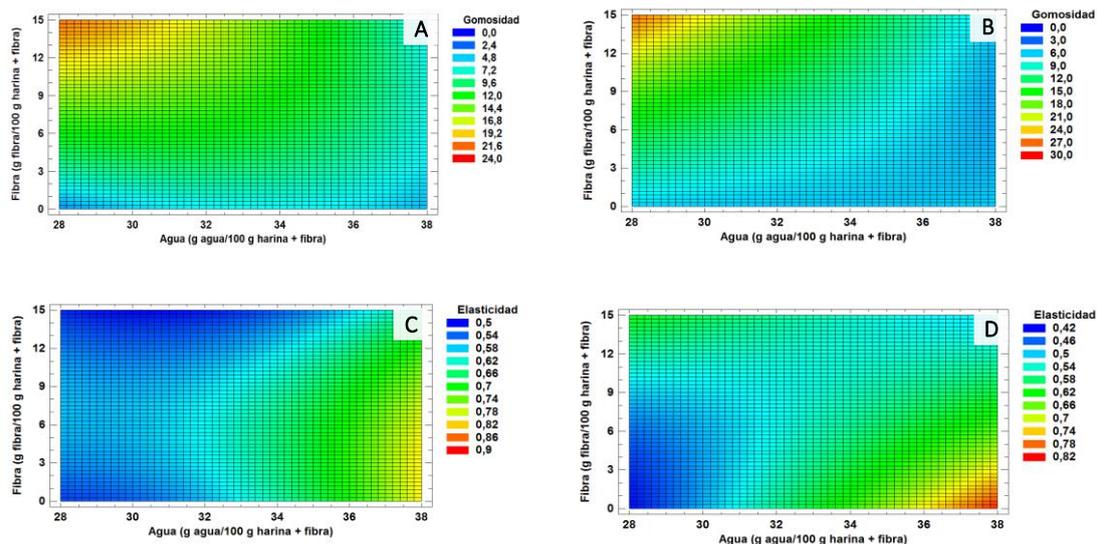


Figura 11. Gráficos de contorno de la variación de gomosidad y elasticidad de las masas de galleta en función del porcentaje de fibra (pulpa corresponde letras A y C; piel corresponde letra a las letras B y D) y agua

4.3 OPTIMIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS FORMULACIONES

Con los resultados que se obtuvieron de la caracterización de la masa, se optimizaron dos formulaciones, una para la fibra procedente de la pulpa y otra para la procedente de la piel, mediante una optimización de múltiples respuestas. Se consideró como valores óptimos de las variables respuestas las que se muestran en la Tabla 5. Como el objetivo de este trabajo era obtener unas galletas enriquecidas con características similares a las galletas control, se consideraron como parámetros a optimizar los valores de las variables respuesta de la masa de las galletas sin fibra.

Tal como se había observado anteriormente, los parámetros de humedad, actividad de agua, dureza, cohesividad y gomosidad influían significativamente sobre las características de las masas enriquecidas con los dos tipos de fibra. Sin embargo, cuando se utiliza fibra procedente de la pulpa, la elasticidad no varió significativamente en la formulación, por lo que, en este caso, no se consideró este parámetro en la optimización. De la misma forma, el parámetro adhesividad no se tuvo en cuenta en ninguna de las formulaciones. En otros estudios realizados con masa adicionando fibra (Baños, 2007), se observa que el parámetro adhesividad no presentaba diferencias significativas entre la masa control y la masa con fibra.

Tabla 5. Valores óptimos, para los cuales se optimiza, de humedad, a_w , dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad.

	Valores óptimos
Humedad (%)	22,59
a_w	0,90
Dureza (N)	20,38
Cohesividad	0,47
Gomosidad (N)	9,82
Elasticidad	0,65*

*Sólo se consideró la elasticidad para la formulación con fibra de piel

La Figura 12 muestra los gráficos de contorno de las formulaciones optimizadas, señalándose la formulación con mayor deseabilidad.

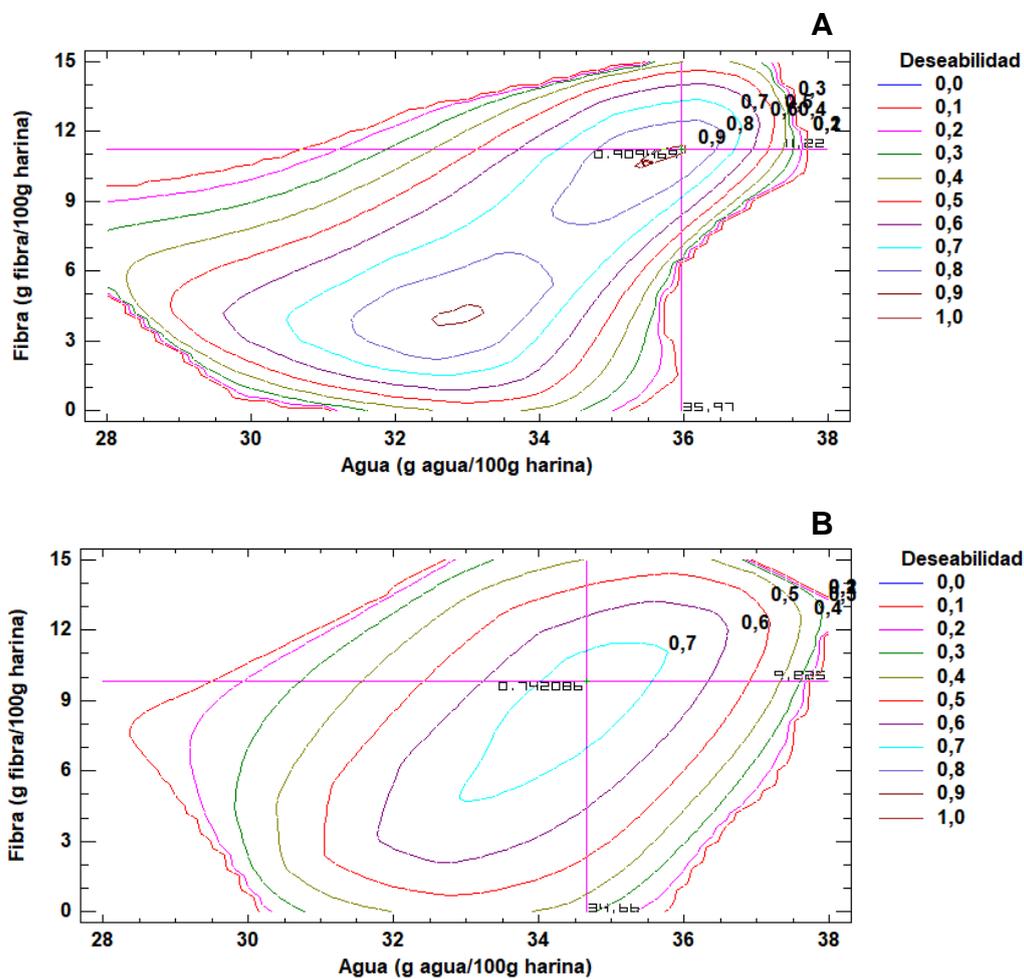


Figura 12. Gráfico de contornos para la optimización de la formulación (A: fibra de pulpa, B: fibra de piel).

Como puede observarse, con fibra de pulpa la formulación con máxima deseabilidad alcanzó un nivel del 0,91, mientras que con fibra de piel el valor máximo alcanzado fue de 0,74. En ambos casos, se consiguió obtener una deseabilidad alta teniendo en cuenta que se optimizaron cinco

variables respuesta para la fibra de la pulpa y seis para la fibra de la piel. En la Tabla 6 se especifican las cantidades de cada componente en la formulación optimizadas.

Tabla 6. Valores de las formulaciones optimizadas. Las unidades son gramos de componente/100 g de harina y fibra

	Fibra pulpa	Fibra piel
Harina de trigo	88,8	90,2
Agua	36	34,7
Fibra	11,2	9,8
Mantequilla	25,9	25,9
Azúcar	27,9	27,9
Levadura	1,9	1,9

Con estos valores se elaboraron las masas y se midieron las propiedades analíticas de actividad de agua, humedad y propiedades mecánicas, siguiendo la misma metodología comentada en materiales y métodos. Con los resultados obtenidos, se realizaron los ANOVA para ver si existían diferencias significativas respecto a la masa control.

En la Figura 13, se muestran los resultados de la actividad de agua. Como era de esperar, los valores de actividad de agua no mostraron diferencias significativas entre las formulaciones. Sin embargo, en el caso de la humedad, aunque la formulación optimizada debería acercarse a los valores de la masa control, sí que existen diferencias significativas entre ellas, siendo superior en las masas elaboradas con fibra de caqui, independientemente de su procedencia. Esto es debido a que las masas elaboradas con fibra contenían un mayor porcentaje de agua en su composición. Tal y como se había visto en la Figura 9, a medida que se aumenta el contenido en agua en la formulación, la humedad de la masa aumenta.

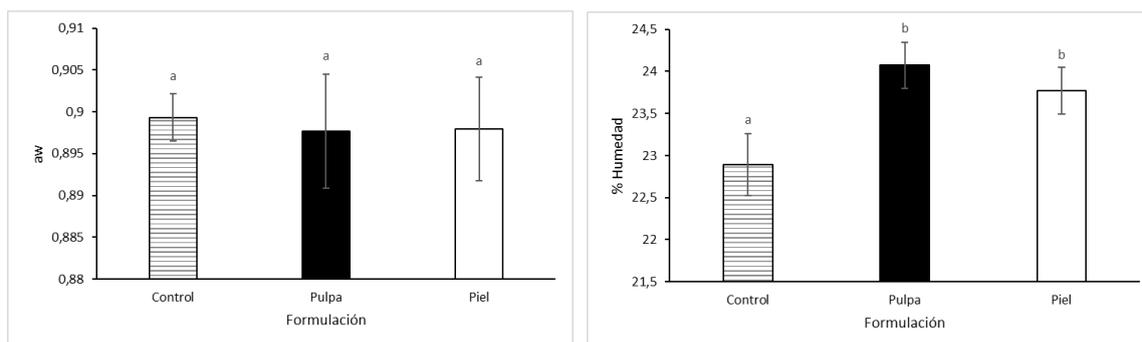


Figura 13. Actividad de agua (*aw*) y humedad de la masa control y las masas optimizadas con fibra. Letras iguales indican los grupos homogéneos obtenidos del ANOVA ($p \leq 0,05$).

En cuanto a las propiedades mecánicas, tanto la dureza como en la gomosidad, presentaron valores significativamente superiores en la masa elaborada con fibra de pulpa, encontrándose diferencias significativamente estadísticas respecto la masa control y la de fibra de la piel. Este comportamiento también fue observado por París (2016) y por Laguna *et al.*, (2013) en estudios en los cuales se sustituía grasa por fibra en la formulación de masas. Este resultado podría estar

relacionado con que la masa elaborada con fibra procedente de la pulpa lleva una mayor cantidad de fibra, lo que hace que la masa sea más dura, en coherencia con los resultados observados en la Figura 10. Además, la fibra son cadenas de polisacáridos individuales que pueden interactuar entre sí para formar zonas de unión que mantienen cantidades de agua fuertemente ligadas y bastante estáticas, haciendo que la unión sea más densa y menos flexible que las zonas de una sola cadena (Chaplin, 2003). En cuanto al término cohesividad, aunque se observan diferencias significativas entre las masas, en términos cuantitativos estas diferencias son muy pequeñas. Por último, la elasticidad no presenta diferencias significativas entre las tres formulaciones lo que era previsible teniendo en cuenta la poca influencia de los componentes de la formulación sobre este parámetro.

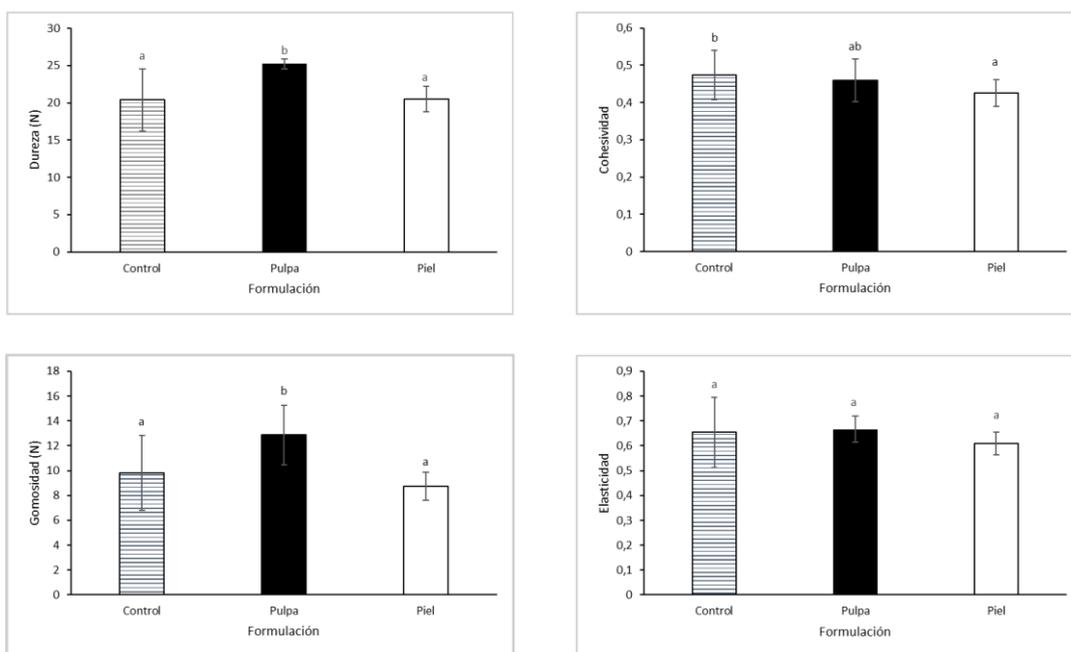


Figura 14. Propiedades mecánicas de la masa control y las masas optimizadas con fibra. Letras iguales indican los grupos homogéneos obtenidos del ANOVA ($p \leq 0,05$).

En resumen, estos resultados revelan que las masas con fibra optimizadas fueron bastante similares, en cuanto a sus parámetros fisicoquímicos, a la masa control, ya que en aquellas variables en las cuales existen diferencias estadísticas significativas, éstas no son excesivamente relevantes.

4.4 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y SENSORIAL DE LAS GALLETAS

○ Análisis fisicoquímico

El efecto de la incorporación de la fibra de caqui en el color, la textura, el sabor, etc. en las galletas son factores importantes que podrían determinar la aceptabilidad de los consumidores de este producto. Por ello, en este trabajo se han analizado algunas propiedades físicas de las galletas

obtenidas con las formulaciones de fibra de caqui optimizadas, para compararlas con las del control. Así, en la Figura 15 se presenta la ubicación de las coordenadas a^* b^* y la luminosidad de las muestras analizadas. Los resultados ponen de manifiesto que las galletas elaboradas con fibra tuvieron un valor superior de a^* y b^* respecto al control, es decir tuvieron tonalidades más marrones. En cuanto a la luminosidad, la galleta control presentó un valor más alto en comparación con las elaboradas con fibra. Este resultado resulta coherente, dado que la fibra de caqui utilizada en el estudio ya era de color anaranjado y al añadirla a la formulación, las galletas se oscurecen. Estudios realizados previamente (Martínez *et al.*, 2010), donde se sustituye grasa por fibra de cacao, muestran los mismos resultados. Además, al igual que en un estudio realizado por Hoyos *et al.*, (2015), donde se sustituye harina de trigo por harina de garbanzo, maíz y fibra de piña, la luminosidad disminuyó. Cabe destacar que las formulaciones con estos componentes tenían fibra, ya fuera de la cáscara de piña o de la parte del pericarpio o salvado del garbanzo y maíz, el cual no fue retirado en el proceso de obtención de las harinas.

Numerosos estudios hacen referencia a las conocidas reacciones de Maillard, donde los monosacáridos participan con aminoácidos a temperaturas cercanas a 175°C, causando el desarrollo de componentes aromáticos y pardeamiento característico (Varzakas y Özer, 2012). El color de las galletas puede variar en función de las cantidades de harina de sustitución, azúcar y la cantidad de fibra que contenga, la cual usualmente influyen en los valores de a^* y b^* , debido a que el parámetro L^* , normalmente cambia por las reacciones de tipo Maillard y de caramelización que suceden durante el horneado (Méndez y De Delahaye, 2007). En un producto, cuanto mayor sea la cantidad de azúcares presentes, incluyendo los no reductores (Penfield y Campbell 1990; Delgado-Vidal *et al.*, 2013) se desarrollará un color marrón más oscuro en su superficie. Por tanto, dado que la fibra está compuesta por carbohidratos, es decir azúcares, las galletas con fibra tomaron tonalidades más marrones por la mayor intensidad en la que se producen las reacciones de Maillard y las reacciones de caramelización.

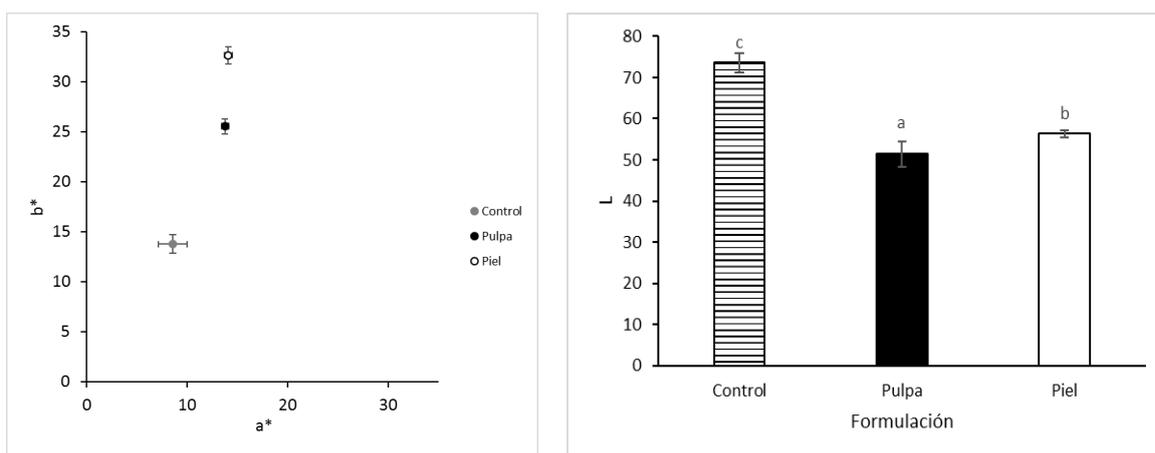


Figura 15. Planos cromáticos b^* vs a^* de la galleta y luminosidad (L^*) en función de las formulaciones estudiadas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p \leq 0,05$).

En la Figura 16 se presentan las diferencias de color respecto al color medio de las galletas control. En relación a las galletas control, la diferencia de color menor de 3 puntos indica que el ojo humano no diferenciaría el color entre todas ellas (Martínez *et al.*, 2010). Sin embargo, al añadir fibra, las diferencias de color fueron significativamente mayores y, por tanto, perceptibles a la vista. Comparando las distintas fibras utilizadas, la procedente de pulpa aporta más cambios de color que la procedente de la piel.

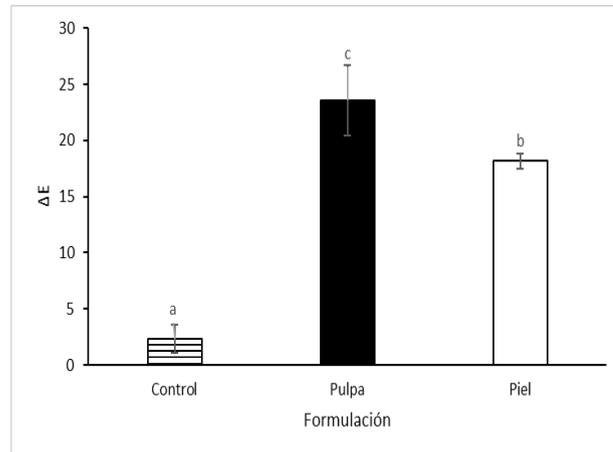


Figura 16. Diferencia de color en función de las formulaciones estudiadas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p \leq 0,05$)

En la Figura 17 se presentan los resultados de fuerza máxima y la distancia a la que se produce la misma para las galletas control y las obtenidas con las formulaciones de fibra de caqui optimizadas. Como se puede observar, la incorporación de fibra supuso un aumento en la fuerza máxima de ruptura de la galleta, aunque ésta tuvo lugar a la misma distancia de penetración de la sonda de corte, por lo que todas las galletas tienen una ruptura que sucede al mismo tiempo. En el estudio realizado por Laguna *et al.*, (2013) también se observó un aumento de la fuerza máxima al introducir fibra a la formulación.

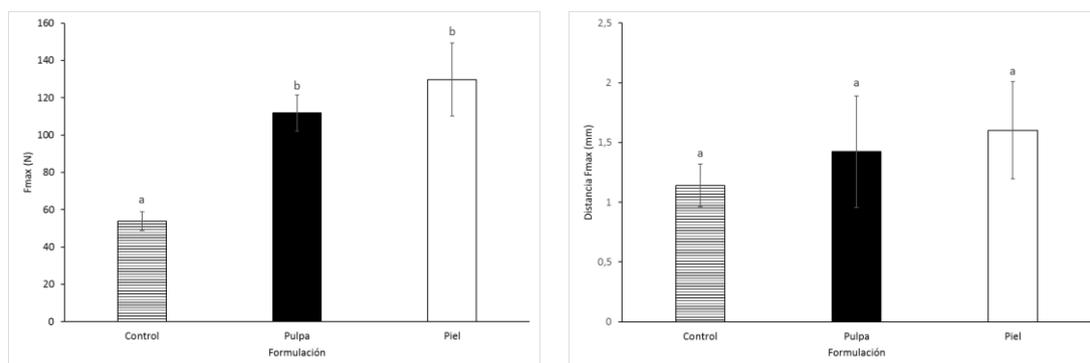


Figura 17. Fuerza máxima (N) y distancia (mm) a la que se produce la fuerza máxima. Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA

○ **Análisis sensorial**

Los resultados del análisis sensorial obtenidos a partir de las puntuaciones de los jueces según una escala hedónica (1-9) se presentan en la Figura 18. Las formulaciones evaluadas presentaron diferencias significativas para los factores de aspecto, color externo, crujencia, tacto y textura. En estos factores la galleta control fue la mejor evaluada por los catadores, siendo la peor la elaborada con fibra procedente de la pulpa. No obstante, cabe destacar que en el atributo sabor los catadores no encontraron diferencias significativas entre las tres muestras.

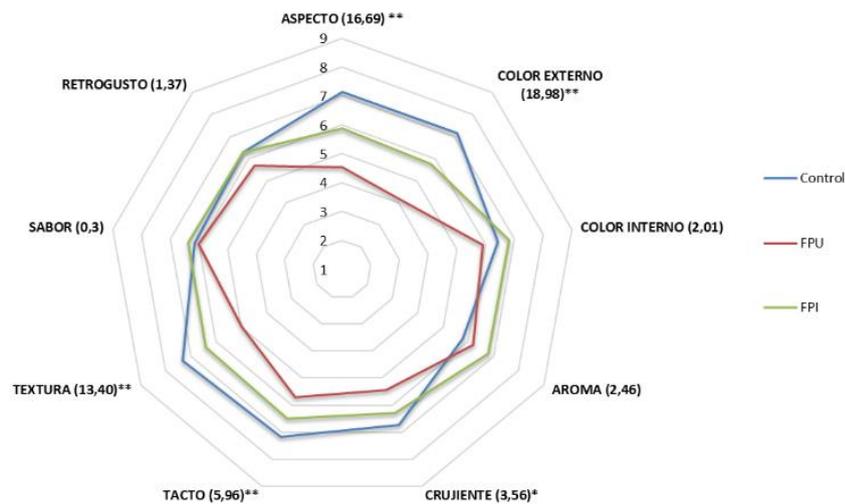


Figura 18. Resultados del análisis sensorial con la escala hedónica de galletas. Los valores del cociente F-ratio obtenidos del ANOVA para analizar el efecto significativo de las formulaciones sobre los atributos se presentan entre paréntesis. ** p-valor $\leq 0,05$ *p-valor $\leq 0,01$

En la Figura 19 se representan los resultados del análisis Just About Right (JAR), para evaluar la opinión de los jueces en relación a si sería conveniente aumentar, disminuir o dejar tal cual la intensidad del atributo evaluado. De esta forma, si el porcentaje de jueces que marcan lo ideal (“Está bien así”) es $\geq 75\%$, el atributo podría considerarse que está bien optimizado (Fernández *et al.*, 2018). De los resultados se deduce en primer lugar, que, respecto al grado de dureza, como era de esperar por los valores obtenidos en las propiedades mecánicas analizadas instrumentalmente (Figura 17), los jueces consideraron que eran demasiado duras las formulaciones elaboradas con fibra (un 80% de los jueces para la fibra procedente de la pulpa y un 60% para la fibra procedente de la piel). Siguiendo la regla general descrita por Fernández *et al.*, (2018), se observa que la galleta control se encuentra optimizada tanto para la dureza como para el color interno, es decir que les gusta tal cual está a los catadores.

En cuanto al color externo, se dan resultados similares a los de la dureza. Esto es debido a que al añadir fibra a una formulación, las galletas toman un tono más oscuro (Martínez *et al.*, 2010). Dado que los catadores no sabían que se encontraban ante unas galletas con fibra, evaluaron como demasiado oscuras las mismas. Por último, el color interno fue evaluado positivamente tal cual estaba, especialmente en la formulación con fibra procedente de la piel.

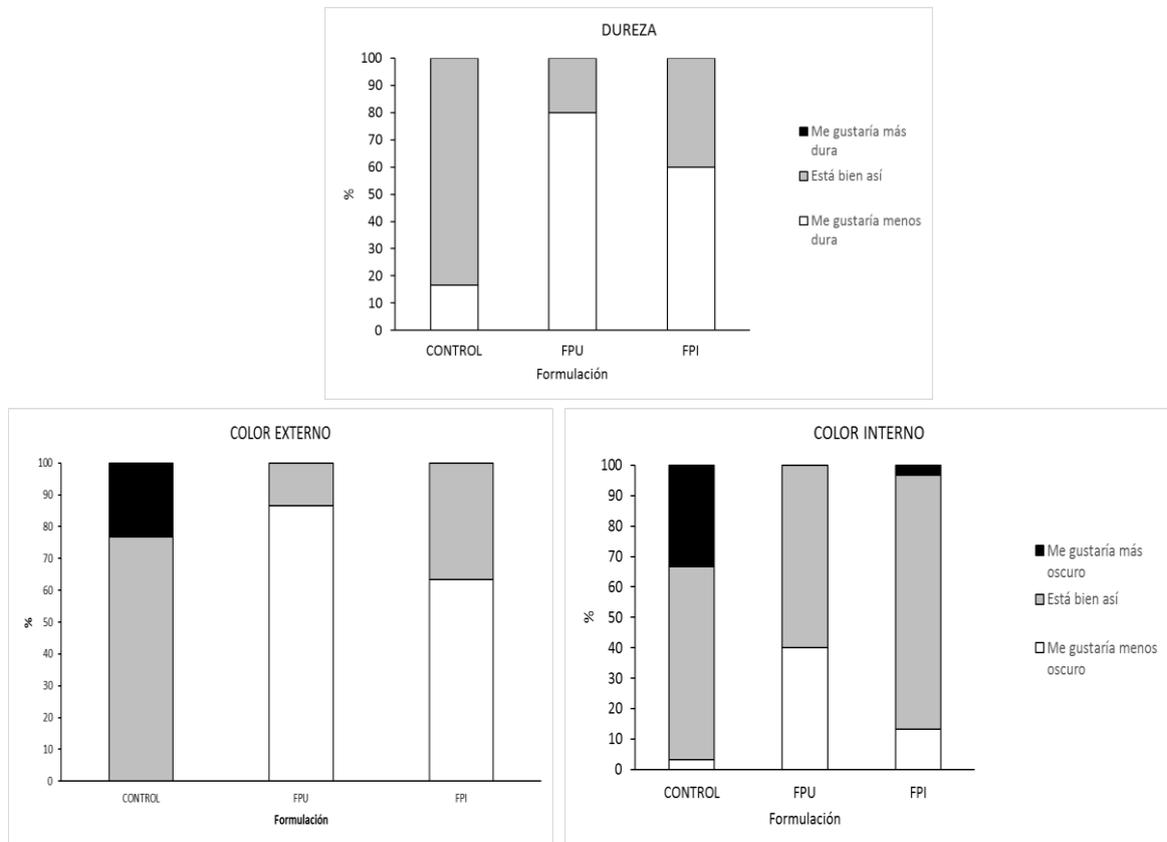


Figura 19. Porcentaje de jueces (%) que seleccionaron los diferentes niveles en la escala JAR (Just-About-Right) para cada atributo de las galletas

En la Figura 20, se muestra la intención de compra de los jueces. Cabe destacar que las galletas control y las obtenidas con fibra de piel presentaron valores similares en cuanto a la intención de compra, mientras que las de la pulpa fueron inferiores, mostrando un mayor porcentaje de jueces que no la comprarían

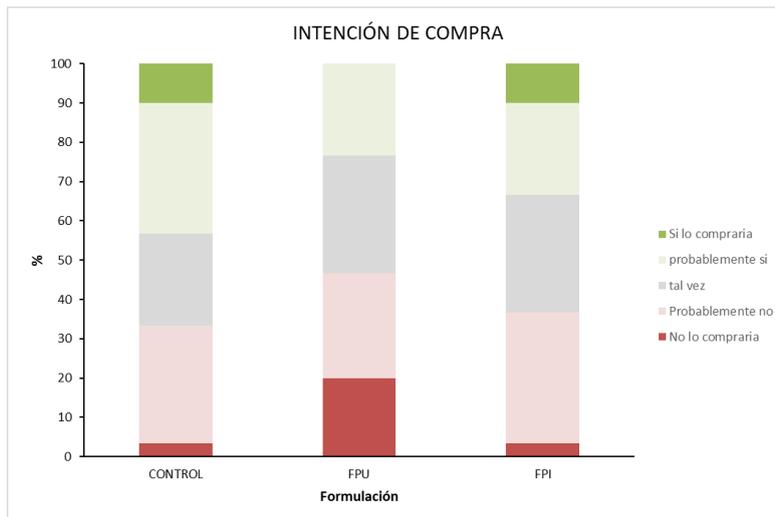


Figura 20. Porcentaje de jueces (%) que seleccionaron los diferentes niveles de intención de compra

En la Figura 21 se muestra el gráfico de penalizaciones. Con este método se puede ver si el hecho de que un atributo situado por debajo de JAR o por encima, ha “penalizado” en la puntuación de aceptación global (Fernández *et al.*, 2018). Para la interpretación del análisis de penalizaciones, se considera que el efecto de un atributo sobre la aceptación global del producto es poco importante si la penalización es inferior a 1 o cuando el porcentaje de jueces que ha dado puntuaciones al producto diferentes del JAR, es inferior a 20%. Se observa que los tres atributos evaluados en la galleta elaborada con fibra procedente de la pulpa han contribuido en la aceptación global. Concretamente, los jueces hubieran preferido que estas galletas estuvieran más blandas y fueran más claras tanto interna (CI) como externamente (CE). Por otra parte, los parámetros que más han penalizado a la formulación de la galleta con fibra de piel han sido el color externo que lo desearían más claro, y la dureza, prefiriendo que fuera más blanda. La formulación menos penalizada, como era de esperar, fue la galleta control. Sin embargo, ésta también ha sido penalizada en cuanto al color tanto interno como externo que desearían que fuera más oscuro.

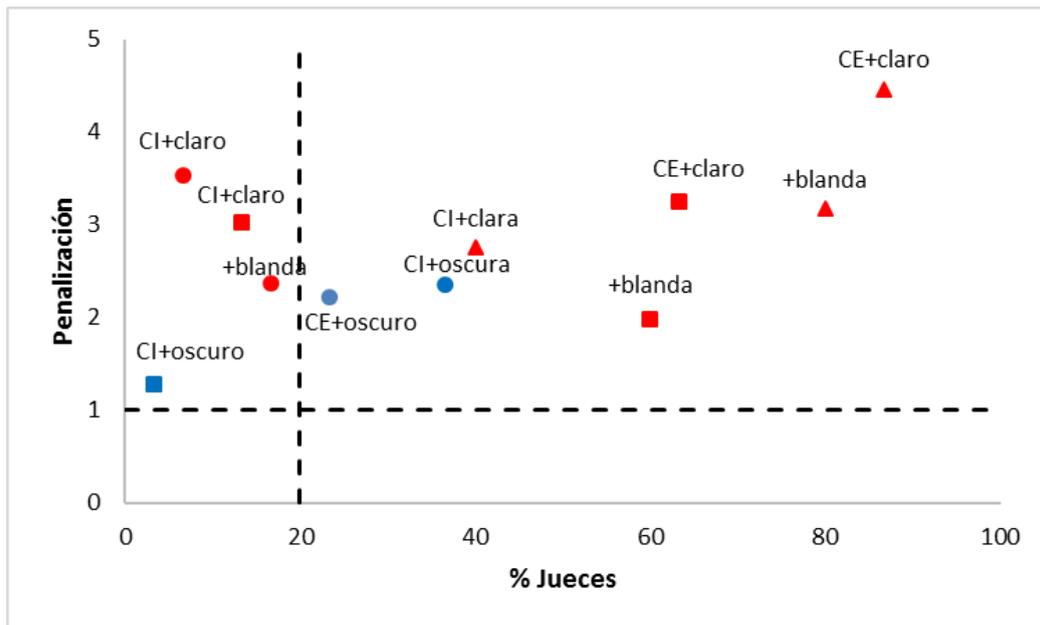


Figura 21. Gráfico de penalizaciones (mean drops frente a % jueces). El color azul corresponde al grupo “Demasiado bajo” y el color rojo al grupo “Demasiado alto”. Las formulaciones de las galletas están identificadas por los símbolos: círculo: control, triángulo: fibra de pulpa y cuadrado: fibra de piel.

5. CONCLUSIONES

- Los dos tipos de fibra analizados presentaron diferente comportamiento frente a la absorción de agua, siendo la fibra de pulpa más hidrófila. Sin embargo, las dos presentaron la misma capacidad de hinchamiento y retención de agua.
- Los parámetros que se vieron afectados por la diferente incorporación de fibra y agua en las masas de galleta fueron: actividad de agua, humedad, dureza, cohesividad, gomosidad y elasticidad (sólo para la fibra de piel). Los efectos de ambos componentes fueron en todos los casos lineales. En consecuencia, estos parámetros fueron utilizados para optimizar la formulación de masa de galletas con fibra de caqui.
- Las formulaciones optimizadas contendrían un 12,4 g de fibra de pulpa y 40,5 g de agua por cada 100 g de harina de trigo, mientras utilizando fibra de piel la formulación óptima tendría menos porcentaje de fibra (10,86 g fibra/100 g harina) y menos agua (38,47 g de agua/100 g de harina). En general, la formulación optimizada con fibra de piel fue la más similar a la masa control.
- Las galletas horneadas presentaron menor luminosidad y mayores valores de a^* y b^* , independientemente de la procedencia de la fibra, lo que supuso un oscurecimiento respecto a las galletas control. Además, la incorporación de fibra aumenta la dureza.
- En coherencia con los resultados de los análisis instrumentales, los jueces penalizaron el excesivo oscurecimiento externo de las galletas con fibra, así como su mayor dureza. En general, desde el punto de vista sensorial las galletas elaboradas con fibra de piel fueron mejor valoradas que las elaboradas con fibra de pulpa

Como conclusión final, es posible elaborar unas galletas con fibra de caqui para poder dar salida a los productos de desecho de este frutal, especialmente a partir de excedentes de piel que en estos momentos están poco valorizados. No obstante, se deberían continuar los estudios optimizando la formulación a partir de los resultados obtenidos en las galletas, con el fin de mejorar la aceptación sensorial de los catadores.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (2000). Official methods of analysis of AOAC international, 17th edn. Gaithersburg, MD, USA.

ARNAL, L., & DEL RÍO, M. A. (2003). Removing Astringency by Carbon Dioxide and Nitrogen-Enriched Atmospheres in Persimmon Fruit cv. "Rojo brillante". *Journal of Food Science*, 68(4), 1516-1518.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA DE PANADERÍA, BOLLERÍA Y PASTELERÍA, ASEMAC (2017). Recurso online: <http://asemac.es/uploads/Datos%20del%20sector%202016.pdf>. [Consulta: 27 de febrero de 2019]

BAÑOS ESPÍNOLA, B. (2007). Caracterización reológica de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble.

BROWNLEE, I. A. (2011). The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 238-250.

CERVERA, P., CLAPÉS, J., & RIGOLFAS, R. (2001). Alimentación. McGraw-Hill. Interamericana.

CHAMORRO, R. A. M., & MAMANI, E. C. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de investigación en ciencia y tecnología de alimentos*, 1(1).

CHAPLIN, M. F. (2003). Fibre and water binding. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 223-227

CÓRDOBA, A. (2005). Caracterización de propiedades relacionadas con la textura de suspensiones de fibras alimentarias. Valencia. España. Universidad politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de Alimentos. 152p.

CRUAÑES, L. L. (2013). Reformulación de galletas de masa corta: cambios en reología, textura y propiedades sensoriales (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

DE LA LLAVE, A. (2004). Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación (Doctoral dissertation, Tesis Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, México).

DELGADO-VIDAL, F. K., RAMÍREZ-RIVERA, E. D. J., RODRÍGUEZ-MIRANDA, J., & MARTÍNEZ-LÓPEZ, R. E. (2013). Elaboración de galletas enriquecidas con barrilete negro (*Euthynnus lineatus*): Caracterización química, instrumental y sensorial. *Universidad y ciencia*, 29(3), 287-300.

ELLEUCH, M., BEDIGIAN, D., ROISEUX, O., BESBES, S., BLECKER, C., Y ATTIA, H. (2011). Fibra dietética y subproductos ricos en fibra del procesamiento de alimentos: caracterización, funcionalidad tecnológica y aplicaciones comerciales: una revisión. *Química de los alimentos*, 124 (2), 411-421.

- ESCRICHE, I.; CHIRALT, A.; SERRA, J. A. (2000) Influence of blanching-osmotic dehydration treatments on volatile fraction of strawberries. *Journal of Food Science*, 7 (65), 1107 - 1111.
- ESCUADERO ÁLVAREZ, E., & GONZÁLEZ SÁNCHEZ, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición hospitalaria*, 21, 61-72.
- EUROPEA, UNIÓN. "Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006 relativa a los residuos" *Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE)* (2006)
- FERNÁNDEZ SEGOVIA, I., GARCÍA MARTÍNEZ, E. M., & FUENTES LÓPEZ, A. (2018). Aplicación de las escalas de punto ideal o Just-About-Right (JAR) en análisis sensorial de alimentos.
- GAYTÁN RODRÍGUEZ, R. E. (2015). Elaboración de galletas con alto contenido proteico a base de harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.).
- HOYOS SÁNCHEZ, D., PEÑA, P., & GISELLE, A. (2015). Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación [recurso electrónico] (Doctoral dissertation).
- INSTITUTO DE LA GALLETA (2019). *Energía Saludable: Historia*. Recurso online: <http://institutodelagalleta.com/historia.php?cl=2>. [Consulta: 28 febrero 2019]
- ISO 4121:2003. 2003. *Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales*.
- LAGUNA, L., VARELA, P., SALVADOR, A., & FISZMAN, S. (2013). A new sensory tool to analyse the oral trajectory of biscuits with different fat and fibre contents. *Food Research International*, 51(2), 544-553
- LAJOLO, F. M., SAURA-CALIXTO, F., WITTING DE PENNA, E., DE MENEZES, W. E., DE CIENCIA, P. I., & PARA EL DESARROLLO, T. (2001). *Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud: Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos*.
- LLÁCER, G. (2002). Situación actual de la producción de caquis en el mundo. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*, (242), 64-71.
- MARTÍNEZ CERVERA, S., SALVADOR ALCARAZ, A., MUGUERZA, B., MOULAY, L., & FISZMAN DAL SANTO, S. (2010). Determinación instrumental y sensorial del color de "magdalenas de chocolate" elaboradas con fibra de cacao como reemplazante de grasa.
- MARTÍNEZ-LAS HERAS, R., PINAZO, A., HEREDIA, A., & ANDRÉS, A. (2017). Evaluation studies of persimmon plant (*Diospyros kaki*) for physiological benefits and bioaccessibility of antioxidants by in vitro simulated gastrointestinal digestion. *Food chemistry*, 214, 478-485.
- MÉNDEZ, A. D. G., & DE DELAHAYE, E. P. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*arracacia xanthorrhiza* b.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(2), 4195-4212.

MÉNDEZ, R. (1995). Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. Unisur, Santafé de Bogotá. 336.

MENESES, S. M. O., MOLINA, D. A. R., & VARGAS, J. H. L. (2016). Caracterización fisicoquímica y funcionalidad tecnológica de la fibra de banano íntegro verde (Cavendish valery) (Musa AAA cv. Musaceae). *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1), 23-30.

MILENA, S.; MONTOYA, L.J.; OROZCO, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales-frutas-en Medellín y el sur del Valle del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(1): 4422-4431.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2016). Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE). Recurso online: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-anteriores/default.aspx>. [Consulta: 12 Febrero 2019]

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Informe del Consumo de Alimentación en España, 2017. Recurso online: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeanualdeconsumoalimentario2017_tcm30-456186.pdf [Consulta: 27 de Febrero de 2019].

PARÍS ZARAGOZA, M. E. (2016). Impacto de la sustitución de grasa por fibra en la estructura de bizcochos (Doctoral dissertation).

PENELD MP, CAMPBELL AM (1990) *Experimental Food Science*. 3rd Edition. Academic Press, San Diego, CA. USA

PERIS, G. P., LESMES, B., CUERDA, C. M., & ALVAREZ, C. (2002). Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr Hosp*, 17(29), 10.

RAGHAVENDRA, SN, RASTOGI, NK, RAGHAVARAO, KSMS, Y THARANATHAN, RN (2004). Fibra dietética de residuos de coco: efectos de diferentes tratamientos y tamaño de partícula en las propiedades de hidratación. *Investigación y Tecnología de Alimentos Europeos*, 218 (6), 563-567.

RAYMUNDO, A., FRADINHO, P., Y NUNES, MC (2014). Efecto del contenido de fibra de Psyllium en las características texturales y reológicas de la masa para galletas y bizcochos. *Carbohidratos bioactivos y fibra dietética*, 3 (2), 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.

REAL DECRETO 1669/2009, de 6 de noviembre, por el que se modifica la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 930/1992, de 17 de julio

SÁEZ GARCÍA, R. (2017). Trabajo Final de Grado: Caracterización de polvos de piel de mandarina para su uso como ingrediente funcional en alimentos.

SCHEEL, C., (2016). Más allá de la sostenibilidad. Transformar los residuos industriales de valor cero en rendimientos económicos crecientes. *Diario de producción más limpia* 131, 376-386.

TALENS OLIAG, P. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura.

UNE 87025:1996. Sensory analysis. Methodology. Texture profile.

VENDRELL, M. (2017). El “milagro” del caqui en Valencia. Un caso de innovación abierta y colaborativa de liderazgo cooperativo. Trabajo Fin de Máster. Máster Universitario en Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente. Universitat Politècnica de València.

VARZAKAS, T., & ÖZER, B. (2012). Application of sweeteners in food and drinks (bakery, confectionery, dairy products, puddings, fruit products, vegetables, beverages, sports drinks, hard candies, loukoumia, marmalades, jams, jellies, baked goods, sorbet). *Sweeteners: Nutritional Aspects, Applications, and Production Technology*, 209.

VALENCIA, F. E., & ROMÁN, M. O. (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *Vitae*, 13(2), 54-60.

7. ANEXO

CATA DE GALLETAS

Antes de comenzar el análisis sensorial de las Galletas, indique los siguientes datos:

Hombre Mujer

Edad: Entre
18-30

Entre 31-45

Entre 46-60

Mayor de 60

Marque con una cruz la frecuencia con que consume galletas:

- Varias veces a la semana
- Una vez a la semana
- Una vez al mes
- Ocasionalmente

Usted dispone de 3 Galletas diferentes. Debe responder el cuestionario adjunto para cada una de ellas, siguiendo las instrucciones facilitadas.

Muestra nº

Antes de probar la galleta, valore las siguientes características:

1. ¿Cuánto te agrada el **ASPECTO** de este producto?

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

2. ¿Cuánto te agrada el **COLOR EXTERNO** de este producto?

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

3. En cuanto al **COLOR EXTERNO**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos oscuro	<input type="text"/>
Está bien así	<input type="text"/>
Más oscuro	<input type="text"/>

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

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

5. En cuanto al **COLOR INTERNO**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos oscuro	<input type="text"/>
Está bien así	<input type="text"/>
Más oscuro	<input type="text"/>

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

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

7. ¿Cómo de **CRUJIENTE** encuentras este producto?

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

Después de probar la galleta, valore las siguientes características:

8. ¿Cuánto te agrada el TACTO de este producto?

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

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

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

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

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

11. ¿Cuánto te agrada lo CRUJIENTE que es el producto?

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

12. ¿Cuánto te agrada el SABOR de este producto?

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

13. ¿Cuánto te agrada el RETROGUSTO EN BOCA de este producto?

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

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

Definitivamente no lo compraría	<input type="checkbox"/>
Probablemente no lo compraría	<input type="checkbox"/>
Tal vez sí, tal vez no lo compraría	<input type="checkbox"/>
Probablemente lo compraría	<input type="checkbox"/>
Definitivamente lo compraría	<input type="checkbox"/>