



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL

Estudio de la potencialidad de la fibra de caqui como ingrediente funcional en magdalenas

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNA: Andrea Soriano Martínez
TUTORA ACADÉMICA: María Dolores Ortolá Ortolá
COTUTORA: María Luisa Castelló Gómez
DIRECTORA EXPERIMENTAL: Susana Rubio Arráez

Curso Académico: 2018 - 2019

VALENCIA, Septiembre de 2019

Título. *Estudio de la potencialidad de la fibra de caqui como ingrediente funcional en magdalenas.*

Resumen:

Los productos de panadería y bollería son muy consumidos en la actualidad por la mayoría de los grupos poblacionales, especialmente los de edades comprendidas entre los 6 y 15 años. Además, en la Comunidad Valenciana, se ha ido produciendo a lo largo de la última década un aumento en la producción de caqui y con ello una gran cantidad de excedentes. En vistas de mejorar la calidad nutricional y del aprovechamiento de los excedentes de este cultivo, el presente trabajo pretende revalorizar este fruto empleándolo en forma de fibra para así obtener un alimento potencialmente funcional. Para ello, se estudiaron diferentes formulaciones de magdalena a las que se sustituyó un 5 y un 10% de la harina por fibra obtenida directamente tanto de la piel como de la pulpa del caqui Persimon®. Para evaluar posibles diferencias en las distintas fibras, se analizó su capacidad de retención y absorción de agua e hinchamiento. Las masas batidas se caracterizaron reológicamente y tras el horneado de las magdalenas, se evaluaron sus propiedades mecánicas, ópticas y sensoriales. Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto que las fibras utilizadas no diferían en la capacidad de hinchamiento ni en la capacidad de retención de agua. Sin embargo, la fibra procedente de la pulpa alcanzó valores de capacidad de absorción de agua superiores por su carácter hidrófilo. Además, la humedad de las magdalenas no se vio afectada por la inclusión de fibra, si bien la aw presentó ligeras diferencias. Por otro lado, en la caracterización reológica se observó un aumento en el comportamiento elástico al adicionar la fibra de caqui en las masas, aumentando también su viscosidad aparente. Tras el horneado, las magdalenas con fibra resultaron más duras y más oscuras, lo que además fue penalizado por los jueces en el análisis sensorial. Con estos resultados, se deberían buscar estrategias para disminuir el oscurecimiento y la dureza de las magdalenas con fibra con el fin de aumentar la aceptación global del producto.

Palabras claves: fibra, caqui, magdalena, textura, reología.

Títol. Estudi de la potencialitat de la fibra de caqui com a ingredient funcional en magdalenes

Resum:

Els productes de forn i pastisseria són molt consumits en l'actualitat per la majoria dels grups poblacionals, especialment els d'edats compreses entre els 6 i 15 anys. A més, a la Comunitat Valenciana, s'ha anat produint al llarg de l'última dècada un augment en la producció de caqui i amb això una gran quantitat d'excedents. En vistes de millorar la qualitat nutricional i l'aprofitament dels excedents d'aquest cultiu, el present treball pretén revaloritzar aquest fruit emprant-ho en forma de fibra per així obtindre un aliment potencialment funcional. Per a això, es van estudiar diferents formulacions de magdalenes a les quals es va substituir un 5 i un 10% de la farina per fibra obtinguda directament tant de la pell com de la polpa del caqui Persimon®. Per avaluar possibles diferències en les distintes fibres, es va analitzar la seva capacitat de retenció i absorció d'aigua i inflament. Les masses batudes es van caracteritzar reològicament i després de l'enfornat de les magdalenes, es van avaluar les seues propietats mecàniques, òptiques i sensorials. Els resultats obtinguts van posar de manifest que les fibres utilitzades no diferien en la capacitat d'inflament ni en la capacitat de retenció d'aigua. No obstant això, la fibra procedent de la polpa va aconseguir valors de capacitat d'absorció d'aigua superiors pel seu caràcter hidròfil. A més, la humitat de les magdalenes no es va veure afectada per la inclusió de fibra, si bé l' a_w va presentar lleugeres diferències. D'altra banda, en la caracterització reològica es va observar un augment en el comportament elàstic en addicionar la fibra de caqui a les masses, augmentant també la seva viscositat aparent. Després de l'enfornat, les magdalenes amb fibra van resultar més dures i més fosques, atributs que més van ser penalitzats pels jutges en l'anàlisi sensorial. Amb aquests resultats, s'haurien de buscar estratègies per disminuir l'enfosquiment i la duresa de les magdalenes amb fibra per tal d'augmentar l'acceptació global del producte.

Paraules clau: fibra, caqui, magdalena, textura, reologia.

Title. *Study of the potentiality of persimmon fiber as a functional ingredient in muffins.*

Abstract:

The bakery and pastry products are currently consumed by most of the population groups, especially those between the ages of 6 and 15 years. In addition, in the Valencian Community, an increase in the production of Persimon® and with it a great amount of surpluses has been produced throughout the last decade. In order to improve the nutritional quality and the use of the surplus of this crop, the present work tries to revalue this fruit using it in the form of fiber to obtain a potentially functional food. To do this, different muffin formulations were studied, to which 5 and 10% of the flour was replaced by Persimon® fiber obtained directly from both the skin and pulp. To evaluate possible differences in the diverse fibers, their water retention, water absorption and swelling capacities were analyzed. The battered masses were characterized rheologically and after the baking of the muffins, their mechanical, optical and sensory properties were evaluated. The results obtained showed that the fibers used did not differ in the capacity of swelling or in the capacity of water retention. However, the fiber from the pulp reached higher water absorption capacity values due to its hydrophilic nature. In addition, the moisture of the muffins was not affected by the inclusion of fiber, although the a_w presented slight differences. On the other hand, in the rheological characterization was observed an increase in the elastic behaviour when adding the kaki fiber in the masses, also increasing its apparent viscosity. After baking, the muffins with fiber were harder and darker, which were also penalized by the judges in the sensory analysis. With these results, strategies should be sought to decrease the darkening and hardness of the muffins with fiber in order to increase the overall acceptance of the product.

Keywords: fiber, kaki, muffin, texture, rheology.

AGRADECIMIENTOS

Después de cinco largos años ya ha llegado el momento. Es hora de poner fin a esta bonita etapa. Digo bonita porque, a pesar de todo el esfuerzo y sacrificio, ha merecido la pena. Me llevo conocimientos nuevos, compañeros, pero sobre todo amigos. Esos a los que un domingo por la noche les envías un mensaje contándoles que el examen del lunes es muy complicado y que será muy difícil dormir por culpa de los nervios. O aquellos con los que decides quedar un día de verano para ponernos al día, tomando unas cervezas en la piscina del pueblo.

Les escribo porque gran parte de esta carrera se la debo a ellos. Son los que mejor conocen las situaciones por las que he pasado: los nervios antes de un examen, el cansancio semana tras semana al acabar un parcial y comenzar a estudiar el otro y las esperas a encontrar el aprobado entre las notas. Pero también he podido alcanzar este reto gracias a mi familia. Mis padres, Isabel y Vicente, mi hermano mayor, que cuánto lo admiro, y Cristian. Ellos han tenido que soportar mis días más amargos cuando he estado irritable, pero también han estado ahí en los momentos de satisfacción y juntos lo hemos superado.

No puedo olvidarme de mi solete. Desde que nos conocimos, allá por el 2014, no se ha separado de mi vida. Entrábamos a clase por las mañanas un cuarto de hora antes (dura vida la de un estudiante sin carné de conducir) y aprovechábamos para conocernos un poquito más cada día. Hemos pasado horas en la biblioteca haciendo problemas, estudiando juntas, pero, sobre todo, ayudándonos la una a la otra. No sin olvidarme de que este TFG no podría salir adelante sin tu ayuda. ¡Nos queda toda una vida por delante! Por todo ello, GRACIAS.

Por último, me gustaría agradecer la confianza que pusieron en mí tanto Loles como Marisa, por dejarme sacar adelante el proyecto, y a Susana, por su paciencia con nosotros y por ayudarnos en el laboratorio.

“La única vez que se debe mirar hacia atrás en la vida, es para ver lo lejos que hemos llegado”

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EVOLUCIÓN DEL CULTIVO DEL CAQUI	2
1.2 PARTICULARIDADES DEL SECTOR DE LA BOLLERÍA	3
1.3 LA FIBRA ALIMENTARIA	6
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1 MATERIAS PRIMAS.....	7
3.2 EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE CAQUI	8
3.3 ELABORACIÓN DE LAS MAGDALENAS	8
3.4 DETERMINACIONES ANALÍTICAS	9
3.4.1. PROPIEDADES DE HIDRATACIÓN DE LA FIBRA	9
3.4.2. ACTIVIDAD DE AGUA	11
3.4.3. HUMEDAD	11
3.4.4. CINÉTICA DE LA ALTURA DE LAS MAGDALENAS DURANTE EL HORNEADO	11
3.4.5. REOLOGÍA DE LAS MASAS	11
3.4.6. TEXTURA DE LAS MAGDALENAS.....	13
3.4.7. PROPIEDADES ÓPTICAS	14
3.4.8. ALTURA.....	14
3.5 ANÁLISIS SENSORIAL	14
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA	15
4.2 ACTIVIDAD DE AGUA.....	16
4.3 HUMEDAD.....	17
4.4 ALTURA DE LAS MAGDALENAS	18
4.5 REOLOGÍA DE LAS MASAS.....	18
4.6 TEXTURA.....	19
4.7 COLOR	21
4.8 ANÁLISIS SENSORIAL	22
5. CONCLUSIONES	28
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
7. ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Composición de las formulaciones estudiadas (g); C: magdalena control, 5 FPI: magdalena elaborada con un 5% de fibra procedente de la piel, 10 FPI: magdalena elaborada con un 10% de fibra procedente de la piel, 5 FPU: magdalena elaborada con un 5% de fibra procedente de la pulpa, 10 FPU magdalena elaborada con un 10% de fibra procedente de la pulpa.

Tabla 2. Parámetros de la Ecuación de Ostwald de Waele o ley de la potencia.

Figura 1. Distribución de la producción mundial de caqui en el 2017 (FAOSTAT, 2019).

Figura 2. Desglose de la importancia económica/productiva de los tipos de bollería y pastelería, galletas, cereales y productos navideños procedente del informe del consumo de alimentación en España 2017 (MAPAMA, 2018).

Figura 3. Detalle de la torta de fibra de caqui una vez secada (a) y triturada (b).

Figura 4. Detalle de la sonda para el ensayo mecánico de doble compresión.

Figura 5. Comparación de las propiedades de hidratación: capacidad de retención de agua (B), capacidad absorción de agua y capacidad de hinchamiento de la fibra dietética de caqui(A). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p>0,05$).

Figura 6. Representación de la actividad de agua tanto de la masa (A) como de la magdalena horneada (B). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p>0,05$).

Figura 7. Representación del porcentaje de humedad de la masa de magdalena (A) y del producto horneado (B). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p>0,05$).

Figura 8. Altura de las magdalenas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p>0,05$).

Figura 9. Firmeza, elasticidad y cohesividad de las magdalenas en función del tipo y porcentaje de fibra de caqui utilizadas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p>0,05$).

Figura 10. Planos cromáticos b^* vs a^* del exterior de las magdalenas (A), y del interior (B).

Figura 11. Representación de la diferencia de color tanto en el exterior de la magdalena (A) como en el interior (B). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p > 0,05$).

Figura 12. Resultados del análisis sensorial con la escala hedónica de magdalenas elaboradas con diferentes porcentajes de fibra de caqui. Los valores del cociente F-ratio obtenidos del ANOVA para analizar el efecto significativo de las formulaciones sobre los atributos se presentan entre paréntesis. *Nivel de significancia del 95%.

Figura 13. Representación del porcentaje de jueces que seleccionaron los diferentes niveles en la escala JAR (Just-About-Right) para cada atributo.

Figura 14. 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 magdalenas están identificadas por los símbolos: cuadrado: control, triángulo: fibra de pulpa 5% y círculo: fibra de piel al 5%. Los parámetros sensoriales analizados se identifican por la trama de los símbolos: rellenos: dureza; vacíos: color externo y con trama: color interno.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y NOMENCLATURAS

10 FPI: magdalena elaborada con un 10% de fibra procedente de la piel.

10 FPU: magdalena elaborada con un 10% de fibra procedente de la pulpa.

5 FPI: magdalena elaborada con un 5% de fibra procedente de la piel.

5 FPU: magdalena elaborada con un 5% de fibra procedente de la Pulpa.

a_w : actividad de agua.

C.R.D.O.: Consejo Regulador de la Denominación de Origen.

C: magdalena control.

HDL: lipoproteínas de alta densidad.

IVIA: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.

JAR: test Just About Right, para determinar los niveles óptimos de un producto.

LDL: lipoproteínas de baja densidad.

SC: capacidad de hinchamiento de la fibra.

$\tan \delta$: tangente del ángulo de fase. Medida de la amortiguación del material usada para describir el comportamiento viscoelástico.

TPA: análisis de perfil de textura.

WHC: capacidad de absorción de agua de la fibra.

WRC: capacidad de retención de agua de la fibra.

ΔE^ : diferencia de color.*

1. INTRODUCCIÓN

La dieta desempeña un papel determinante en todas las etapas de la vida y es un factor implicado en la prevención y tratamiento de muchas enfermedades, junto con unos hábitos de vida saludables y disminución del estrés. Por otra parte, el sobrepeso y la obesidad han ganado relevancia en los países industrializados, especialmente en la parte de la sociedad que es susceptible a la malnutrición. El aumento de las enfermedades crónicas asociadas a la dieta se ha relacionado con factores como patrones dietéticos inadecuados, disminución de la actividad física y aumento del consumo de tabaco y alcohol (Nishida *et al.*, 2004). Para promover una dieta más saludable, la industria alimentaria se centra con frecuencia en la producción de alimentos bajos en grasa/azúcar/energía con una calidad sensorial comparable a la de los productos convencionales. Las magdalenas, por ejemplo, son productos populares para el desayuno o la merienda con una gran aceptación del consumidor. Debido a que las magdalenas son ricas en azúcar y grasa, se han realizados varios intentos para aumentar su valor nutricional, por ejemplo, reemplazando la sacarosa con edulcorantes intensivos o incorporando fibra dietética de diferentes fuentes vegetales (trigo, manzana y guisante) (Struck *et al.*, 2016) e incluso reformulando los ingredientes para disminuir el contenido en grasa mediante la adición de ingredientes funcionales, como pueden ser fitoesteroles o la inulina (Illanes, 2015).

No existe una definición universalmente aceptada para los alimentos funcionales, al tratarse más bien de un concepto que de un grupo de alimentos. En Europa, el primer documento de consenso sobre conceptos científicos en relación con los alimentos funcionales fue elaborado en 1999 por un grupo de expertos coordinados por el ILSI (*International Life Sciences Institute*), según el cual "un alimento funcional es aquel que contiene un componente, nutriente o no nutriente, con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, con un efecto añadido por encima de su valor nutricional y cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional o incluso saludable" (Flórez *et al.*, 2017).

Hasta el momento actual, las funciones y objetivos de salud a los que se ha dirigido la investigación en el campo de los alimentos funcionales son los siguientes: crecimiento y desarrollo, metabolismo o utilización de nutrientes, defensa antioxidante, sistema cardiovascular, fisiología o funcionamiento intestinal y funciones psicológicas y conductuales (Eroski Consumer, 2018). En este sentido, el aumento de la ingesta de fibra contribuiría a potenciar varios de estos aspectos.

1.1 EVOLUCIÓN DEL CULTIVO DEL CAQUI

El caqui es el fruto que procede de un árbol de tamaño mediano, caducifolio, de vida larga y lento crecimiento. Tiene un tronco corto y una corona profusamente ramificada. Las flores masculinas y femeninas nacen por separado, aunque en algunos cultivares, las flores son hermafroditas. La fruta madura es rojiza, de color anaranjado, parecido a un tomate, y variable en forma, color y tamaño. Las partes comestibles están formadas por segmentos gruesos, que encierran pocas semillas, dependiendo del cultivar y polinizador utilizado. El caqui (*Diospyros kaki*) es originario de China y se desarrolla casi exclusivamente en zonas tropicales y subtropicales. En Europa está localizado principalmente en la Cuenca Mediterránea, donde ha sido tradicionalmente un cultivo menor. Según datos de la FAO para el año 2017, la producción mundial de caqui se situó en las 5.750.368 t, con una superficie cultivada de 1.074.793 ha. El país con mayor producción es China, con más de cuatro millones de toneladas en la actualidad, seguida de España, con 404.131 t (FAOSTAT, 2019) (Figura 1).

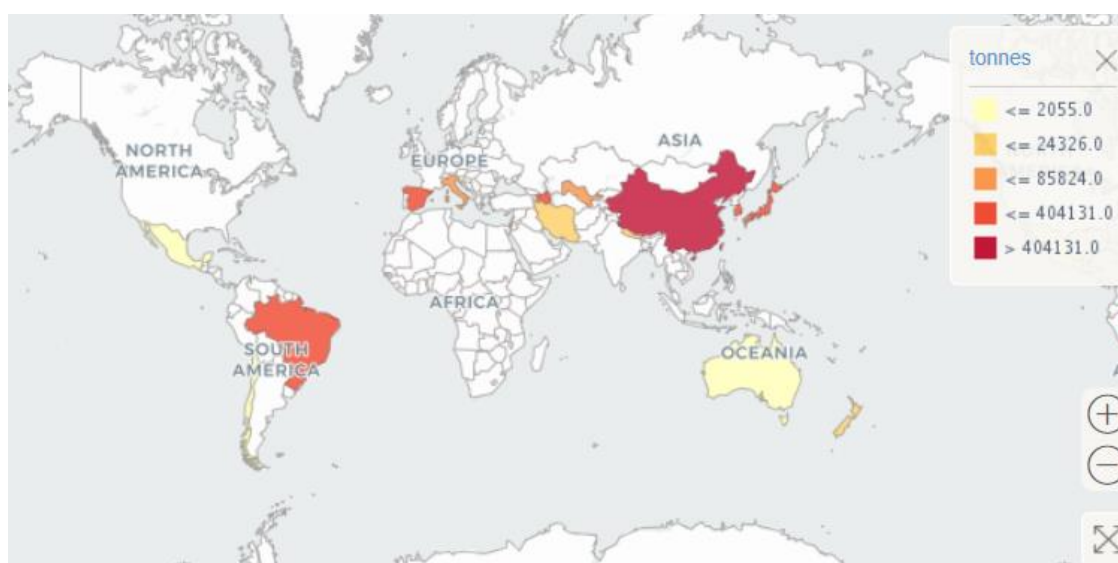


Figura 1. Distribución de la producción mundial de caqui en el 2017 (FAOSTAT, 2019).

Durante los últimos años, el cultivo del caqui en España ha mostrado un crecimiento exponencial, ligado a la variedad astringente “Rojo Brillante”, muy productiva y de gran calidad, y al desarrollo de la tecnología postcosecha para eliminar de una forma eficiente la astringencia, con altas concentraciones de CO₂ desarrolla por el IVIA (Arnal y Del Río, 2003; Salvador *et al.*, 2006). Concretamente, esta variedad ha mostrado un desarrollado vertiginoso en la comarca de la Ribera Alta, en la provincia de Valencia, donde se asienta prácticamente el 90% de las plantaciones españolas (IVIA, 2018). Este caqui es el resultado de un proceso que arranca con el

desarrollo de un método para eliminar la astringencia, sigue con la creación de la C.R. D.O. “Kaki Ribera del Xúquer” y culmina con la creación del Grupo Persimon® en Anecoop, todo ello junto a un conjunto de cambios tecnológicos en el cultivo y en el tratamiento post cosecha que ha hecho posible que una fruta con pobres características y un reducido mercado sea hoy una alternativa rentable para miles de productores (Vendrell, 2017).

El hecho de poder comercializar este fruto con una textura mucho más firme (caqui tipo Persimon®) que la que tiene sin que se someta a las técnicas de eliminación de la astringencia (caqui tipo *Classic*), ha potenciado su distribución por toda Europa. Los países donde no había precedentes de consumo del caqui blando tradicional, como Alemania, aceptaron rápidamente el caqui ‘Persimon®’ como una nueva fruta. Además, países como Canadá, Brasil o Estados Unidos, en los que se han iniciado recientemente las exportaciones, ya empiezan a presentar un importante potencial de mercado (IVIA, 2019). No obstante, algunos consumidores todavía tienen ciertos prejuicios sobre esta nueva forma de consumo del caqui, que asocian a estados inmaduros y astringentes del caqui blando tradicional.

Sin embargo, la limitación de la campaña de producción de caqui junto con los excedentes en la misma (Martínez-Las Heras *et al.*, 2016), ponen en peligro los beneficios económicos para los productores. En este sentido, la búsqueda de alternativas de consumo al producto en fresco podría potenciar el rendimiento de esta fruta. Estudios recientes se han centrado en la estabilidad del producto mediante técnicas de secado (Iguar *et al.*, 2011), de impregnación a vacío (Iguar *et al.*, 2008), de producción de zumos (Lee *et al.*, 2012), o untables de caqui (Castelló *et al.*, 2011). Sin embargo, el procesado del caqui, con tratamientos térmicos, conlleva en muchos casos la aparición de la astringencia y las técnicas para evitar esa regeneración de la astringencia se han detallado en la patente solicitada en 2012 con el código 2 389 067 por Carbonell *et al.*, 2012. Por esta razón, buscar alternativas que favorezcan el consumo del caqui en diferentes formatos contribuirían a mejorar la economía de la región. En esta línea, la obtención de fibra de caqui puede ser una fuente interesante de ingresos obtenida a partir del destrío o de los excedentes de producción.

1.2 PARTICULARIDADES DEL SECTOR DE LA BOLLERÍA

De acuerdo con los datos publicados en el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente en el informe de consumo de alimentos en España, en el año 2017 (MAPAMA, 2018), la compra de la bollería, pastelería y galletas, entre otros, ha supuesto un descenso del 1,1% en volumen y un 1,9% en valor, manteniendo un precio medio situado en 4,52 €/kg. En 2017, se frena la tendencia creciente que había iniciado en 2013, reduciendo ligeramente el

consumo de la categoría, motivado principalmente por la evolución de los cereales. Los hogares destinan el 4,11% de su presupuesto para alimentación y bebidas en el hogar a la compra de estas categorías, lo que implica un gasto por persona y año de 60,85€ y un consumo per cápita de 13,45 kg por persona y año, con una reducción del 4,9%. Bollería/pastelería es el principal producto del mercado en cuestión, representando el 43,7% de los kilos totales y el 48,5% del valor (Figura 2). En segundo lugar, se sitúan las galletas con un 38,8% de cuota en volumen y 29,9% de cuota en valor. Los hogares formados por parejas con hijos medianos son responsables del 22,8% de los kilos de la categoría, le siguen los retirados (17,6%), y las familias con hijos pequeños (14,7%). Hogares con presencia de niños entre 6-15 años, conforman el perfil intensivo de la categoría, con un consumo per cápita de 25,83 kg/persona/año durante el año 2017.

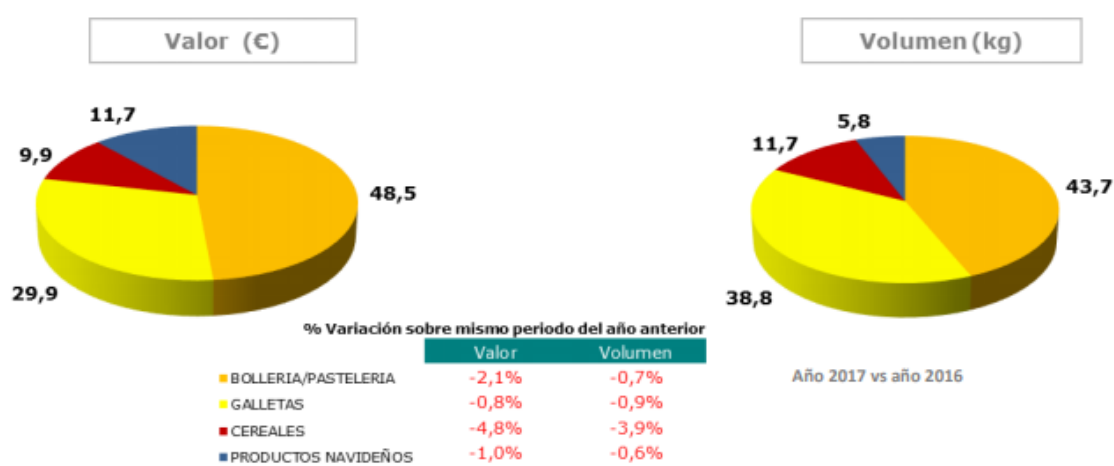


Figura 2. Desglose de la importancia económica/productiva de los tipos de bollería y pastelería, galletas, cereales y productos navideños procedente del informe del consumo de alimentación en España 2017 (MAPAMA, 2018).

Estudios de salud de corte epidemiológico realizados hace 40 años proporcionaron evidencia de que los niveles elevados de colesterol sérico estaban asociados con enfermedades cardiovasculares (Ballesteros-Vásquez *et al.*, 2012). Se señalaba que, el origen del problema eran los consumos elevados de colesterol y de grasa saturada. Ante esta situación, la industria de alimentos respondió con un aumento en la producción de aceites vegetales parcial o totalmente hidrogenados, para paliar el problema. El proceso de hidrogenación permitió, por un lado, que los aceites tuvieran mayor estabilidad y fueran menos susceptibles al enranciamiento oxidativo y por otro, obtener grasas con una textura sólida o semisólida similar a las grasas de origen animal. De esta manera, se pudo sostener el gusto del consumidor al sustituir las mantequillas por productos como las margarinas y se generalizó su uso incluyéndolas en un sinfín de

alimentos preparados. Sin embargo, a partir de los años noventa, empezó a surgir evidencia epidemiológica y clínica de que los ácidos grasos *trans* de la dieta aumentaban el riesgo de cardiopatía coronaria y podían también empeorar la resistencia a la insulina en individuos susceptibles, incrementando así el riesgo de padecer diabetes. Además, diferentes estudios prospectivos han hallado que un aumento del 2% en la ingesta total de energía diaria proveniente de ácidos grasos *trans* se asocia con un 23% de aumento de riesgo de enfermedad cardiovascular, debido a que en los efectos fisiológicos se encuentra una mayor fracción lipídica LDL y el colesterol total, además de la disminución de la fracción HDL, siendo esto un poderoso predictor de la enfermedad cardiovascular (Cabezas *et al.*, 2016).

Como alternativa, se han llevado a cabo técnicas para reducir el contenido de estos ácidos grasos en los alimentos. Una de ellas es el uso del proceso de interesterificación que consiste en el reposicionamiento de los ácidos grasos en la molécula de triglicéridos. Este proceso se puede realizar en forma química o enzimática empleando una mezcla de diferentes aceites. El proceso químico produce una mezcla de triglicéridos de composición variable ya que consiste en un intercambio de ácidos grasos al azar. El proceso enzimático es de mayor coste, pero permite obtener productos con una composición y propiedades específicas según lo pida el productor. También se ha propuesto el uso de plantas genéticamente modificadas para obtener aceites con bajo contenido de ácido linoleico o bien con contenido moderado o elevado de ácido oleico, que en relación con los ácidos grasos *trans*, poseen altas proporciones de monoinsaturados *cis* (Ballesteros-Vásquez *et al.*, 2012).

Otro de los ingredientes que también causa controversia en la bollería es el azúcar, que, además de aportar un sabor dulce y de contribuir al color y al contenido en calorías del bizcocho, es capaz de estabilizar la humedad en el producto final, actuar como agente de carga y limitar el hinchamiento del almidón, lo que se traduce en una textura más fina en el producto final (Beesley, 1995). Asimismo, ayuda a aumentar la temperatura de gelatinización del almidón y de desnaturalización proteica, además de controlar la viscosidad de la masa, limitando la cantidad de agua libre (Pateras y Rosenthal, 1992). La masa necesita una viscosidad suficiente para atrapar y retener las burbujas de aire. Además, el azúcar mejora la incorporación de aire durante el batido y la estabilización de las burbujas durante el horneado (Beesley, 1995). En condiciones no ácidas, contribuye al pardeamiento y oscurecimiento y mejora el volumen final y la porosidad (Cabrera, 2017). Aunque tecnológicamente aporta muchas ventajas, el consumo de azúcar en exceso tiene repercusiones en la salud como, por ejemplo, la aparición de caries dental, aumento de la demanda de vitaminas del grupo B, hipertrigliceridemia, obesidad y diabetes mellitus. Por todo ello, hay un importante interés en reducir el contenido en azúcar de los productos de bollería. Sin embargo, el azúcar, igual que la harina, tiene una funcionalidad

importante en estos productos, por lo que es muy difícil encontrar un sustituto capaz de realizar sus mismas funciones. Algunos estudios demuestran que la sustitución de azúcar por fibra dietética da lugar a masas con mayor viscosidad y una disminución del volumen del producto final debido a la capacidad de retención de agua que tienen las fibras. En cuanto al color, ocurre el mismo fenómeno que en el reemplazamiento de harina, dependiendo de la fibra utilizada el bizcocho se oscurece más o menos. Por otra parte, la densidad de energía disminuye al reducir la cantidad de azúcar y adicionar fibra (Struck, 2016).

1.3 LA FIBRA ALIMENTARIA

La carencia de fibra dietética en la dieta del hombre es un factor causal de numerosas enfermedades denominadas “enfermedades de la civilización”, como la diabetes, obesidad, diverticulosis, las enfermedades cardiovasculares, etc. (Sáenz *et al.*, 2002).

Actualmente se dispone de diversas fuentes de fibra dietética, como los cereales, granos, vegetales, frutas y legumbres, las cuales pueden ser consumidas de manera directa o transformadas en productos ricos en fibra. Su importancia radica en las propiedades fisiológicas en el organismo, ayudando a prevenir la presencia de las enfermedades silenciosas, así como los efectos que tiene las propiedades funcionales tecnológicas en los productos alimentarios, mejorando las características organolépticas (Chamorro y Mamani, 2010).

La fibra dietética puede clasificarse de acuerdo con su solubilidad en agua como soluble e insoluble. Sus propiedades y efectos fisiológicos están determinados principalmente por las proporciones que guardan estas dos fracciones, sin importar su origen (Sánchez, 2005):

- Fibra Soluble: forma una dispersión en agua la cuál 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 (arabinoxilanos y arabinogalactanos) y mucílagos (Córdoba, 2005). Esta fibra se encuentra en altas concentraciones en frutas y algas marinas (Lajolo *et al.*, 2001).
- 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 y constipación (Zambrano *et al.*, 1998). Esta fibra no se dispersa en agua, está compuesta por celulosa, hemicelulosas (arabinosilanos y arabinogalactanos) y ligninas (Priego, 2007). Las fuentes de este tipo de fibra se pueden encontrar mayoritariamente en verduras, cereales, leguminosas y en frutas (Zúñiga, 2005; Chamorro y Mamani, 2010).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este Trabajo Final de Grado es evaluar los efectos de la sustitución parcial de la harina por distintos porcentajes de fibra procedente del caqui Persimon® (tanto de la piel como de la pulpa), en la formulación de un producto de bollería tradicional (magdalena) para así obtener un alimento potencialmente funcional. Para ello, se han analizado las propiedades reológicas de la masa, así como las propiedades texturales, ópticas y la aceptación sensorial del producto horneado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAS PRIMAS

Para la elaboración de las magdalenas se emplearon los siguientes ingredientes:

- ❖ Huevos XL (Ovocity, Llombay, Valencia, España).
- ❖ Azúcar blanco (AB Azucarera Ibérica S.L.U., Madrid, España).
- ❖ Harina de trigo (Harinas Segura S.L, Torrente, Valencia, España, composición proporcionada por el proveedor: 50% humedad, 9-11% proteínas).
- ❖ Aceite de semilla de girasol (Aceites del Sur-Coosur, S.A., Vilches, Jaén, España).
- ❖ Leche de vaca (Lactia Agroalimentaria S.L., Girona, España)
- ❖ Bicarbonato sódico E-500ii y ácido cítrico E-300 (Sodas Barrachina, S.L., Almazora, Castellón, España).
- ❖ Fibra procedente de caqui Persimon®

3.2 EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE CAQUI

Se procedió a extraer la fibra presente tanto en la piel como en la pulpa de los caquis Persimon®. En primer lugar, se trituraron por separado ambas partes del caqui mediante el uso de una trituradora (Thermomix® TM 5) durante 15 minutos a una velocidad de 3000 rpm. En segundo lugar, se puso en contacto cada muestra con etanol en ebullición (96% v/v) y se agitó durante 15 minutos en una proporción de 1:2 (p/p). Posteriormente, el etanol se separó de la fibra por medio de dos tamices y la fracción sólida resultante se secó a 40 °C hasta peso constante (aproximadamente 24 h) en estufa siguiendo el protocolo descrito por Martínez-Las Heras *et al.*, (2017). De esta manera, se obtuvieron unas tortas quebradizas que dieron lugar a las fibras denominadas PULPA (obtenido de pulpa de caqui) y PIEL (obtenida de la epidermis del caqui). Finalmente, las tortas quebradizas fueron sometidas a un proceso de trituración mediante un molinillo (Moulinex, MC300132) a una potencia 180 W durante 30 segundos hasta conseguir una fracción pulverulenta (Figura 3). Las muestras no utilizadas fueron almacenadas en congelación a -17 ° C hasta los análisis posteriores.

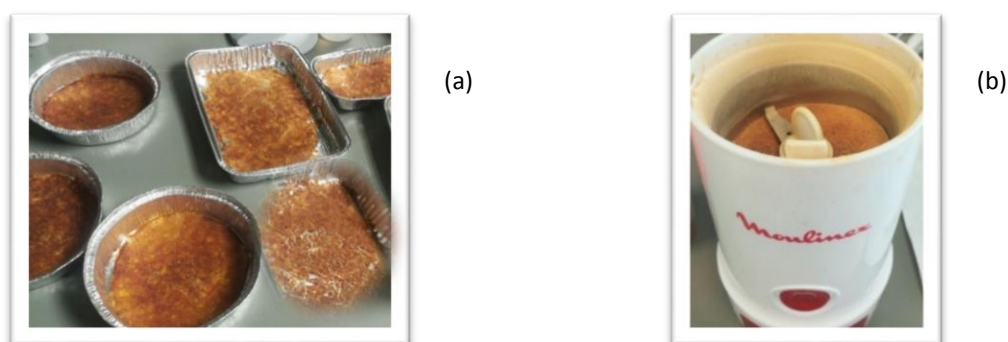


Figura 3. Detalle de la torta de fibra de caqui una vez secada (a) y triturada (b).

3.3 ELABORACIÓN DE LAS MAGDALENAS

La preparación de las magdalenas se llevó a cabo utilizando 21,7% (p/p) de huevos, azúcar (sacarosa), aceite de girasol y harina de trigo junto con 10,85% de leche de vaca y un 2,35% de gasificantes (bicarbonato sódico, ácido málico, ácido tartárico). En primer lugar, se mezclaron los huevos, el azúcar y el bicarbonato sódico durante 20 minutos a máxima velocidad en una batidora eléctrica (Kenwood, modelo KM240 serie, Reino Unido). Después, se añadieron el aceite, la harina, la leche y los ácidos tartárico y málico durante 10 minutos a mínima velocidad. A continuación, se dejó reposar la masa durante 20 minutos antes de rellenar los moldes de papel (60 x 35 mm) con 65 g de masa. Por último, las magdalenas se hornearon en

un horno convencional (Rational AG D-86899 Landsberg a.Lech, Germany) 18 minutos a 180°C. Tras esta operación se obtuvieron entre 12 y 13 magdalenas de las cuales cinco se emplearon para el análisis colorimétrico, cinco para la evaluación textural y el resto para las determinaciones analíticas de actividad de agua y humedad.

En la tabla 1 se muestra la composición, en gramos, de las cinco formulaciones empleadas en este trabajo. Asimismo, se indica el código utilizado para cada formulación. Como puede observarse se trabajó con una formulación control y cuatro formulaciones más, en las que se reemplazó un 5% y un 10% de la harina por el mismo porcentaje de fibra procedente del caqui Persimon®, tanto de la piel como de la pulpa.

Tabla 1. Composición de las formulaciones estudiadas (g); C: magdalena control, 5 FPI: magdalena elaborada con un 5% de fibra procedente de la piel, 10 FPI: magdalena elaborada con un 10% de fibra procedente de la piel, 5 FPU: magdalena elaborada con un 5% de fibra procedente de la pulpa, 10 FPU magdalena elaborada con un 10% de fibra procedente de la pulpa.

INGREDIENTES	C	5 FPI	10 FPI	5 FPU	10 FPU
Huevos	156	156	156	156	156
Azúcar	156	156	156	156	156
Harina	156	120	84	120	84
Aceite	156	156	156	156	156
Gasificante	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
Leche	78	78	78	78	78
Fibra	0	36	71,85	36	71,85

3.4 DETERMINACIONES ANALÍTICAS

3.4.1. PROPIEDADES DE HIDRATACIÓN DE LA FIBRA

Para la caracterización de la fibra se emplearon muestras de ambos tipos de fibra molturada durante 30 segundos para que la superficie de partícula fuese similar en cada determinación. Los ensayos se realizaron por triplicado siguiendo los protocolos descritos por Raghavendra *et al.*, (2004) y Robertson *et al.*, (2000):

Capacidad de hinchamiento (SC)

La propiedad de hinchamiento se define como la relación de volumen ocupado cuando la muestra se sumerge en exceso de agua. Se pesó con precisión en seco una muestra de fibra (1 g), se colocó en un tubo de ensayo graduado y se añadieron alrededor de 10 mL de agua. Posteriormente se rehidrató durante 18 h. Finalmente se midió el volumen alcanzado por la fibra (mL/g) mediante la *Ecuación 1*:

$$SC \text{ (mL/g)} = \frac{\text{Volumen ocupado por la muestra de fibra}}{\text{Peso de la muestra de fibra}} \quad (1)$$

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). La muestra seca pesada con precisión (1 g) se introdujo en un tubo de ensayo graduado; Se agregaron alrededor de 30 mL de agua y se hidrató durante 18 h. El sobrenadante se eliminó pasando a través de un crisol de vidrio sinterizado (G4) al vacío. Se registró el peso del residuo hidratado y se secó a 105°C durante 2 h para obtener el residuo seco mediante la *Ecuación 2*:

$$WHC \text{ (g/g)} = \frac{\text{Peso del residuo hidratado} - \text{Peso del residuo seco}}{\text{Peso del residuo seco}} \quad (2)$$

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). La muestra seca pesada con precisión (1 g) se introdujo en un tubo de centrifuga graduado. Se agregaron alrededor de 30 mL de agua y se hidrató durante 18 h. Se centrifugó (3.000 g; 20 min) y la disolución sobrenadante se eliminó pasando a través de un crisol de vidrio sinterizado (G4) bajo un vacío aplicado. Se registró el peso del residuo hidratado y luego se secó la muestra a 105°C durante 2 h para obtener su peso seco mediante la *Ecuación 3*:

$$WRC \text{ (g/g)} = \frac{\text{Peso del residuo hidratado después de la centrifugación} - \text{Peso del residuo seco}}{\text{Peso del residuo seco}} \quad (3)$$

3.4.2. ACTIVIDAD DE AGUA

La actividad de agua (a_w) se determinó mediante un higrómetro de punto de rocío AquaLab (Decagon Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA) a 25 °C. Se realizaron tres repeticiones tanto de la masa como de la magdalena para cada formulación.

3.4.3. HUMEDAD

El análisis de contenido de agua de las masas y magdalenas se llevó a cabo mediante el método gravimétrico AOAC, 2000 por triplicado.

3.4.4. CINÉTICA DE LA ALTURA DE LAS MAGDALENAS DURANTE EL HORNEADO

Con el objetivo de evaluar la evolución de la altura de las magdalenas durante el horneado, se registró dicho fenómeno usando recipientes graduados resistentes al calor. Para ello, se depositó una cantidad de 34,5 g de masa y se registró la evolución de la altura cada 2 minutos durante el horneado a 180°C.

3.4.5. REOLOGÍA DE LAS MASAS

Las propiedades reológicas de las masas se analizaron mediante un reómetro (RheoStress 1, Haake) utilizando un sistema de medida placa-placa con una ranura entre las placas de 1 mm. Se realizaron dos ensayos: el estacionario y el oscilatorio. En el ensayo estacionario se estudió el comportamiento pseudoplástico de las masas batidas consideradas. Para ello, los resultados se modelizaron con la ecuación de Herschel-Bulkley, *Ecuación 4*. Este modelo puede describir el comportamiento de fluidos Newtonianos y no Newtonianos independientes del tiempo (De Larrad *et al.*, 1998):

$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (4)$$

Donde:

τ (Pa): Tensión de cizallamiento

τ_0 (Pa): Esfuerzo de cedencia. Es la tensión umbral necesaria para que el fluido comience a fluir

k (Pa · sⁿ): Índice de consistencia del fluido

n : Índice de potencia del fluido

$\dot{\gamma}$ (s^{-1}): Velocidad de cizallamiento

Por otro lado, el ensayo oscilatorio permitió caracterizar las propiedades viscosas y elásticas de los fluidos pseudoplásticos y dilatantes. En este caso, se consideraron los términos del módulo de almacenamiento o módulo elástico (G') y del módulo de pérdidas o módulo viscoso (G'') en la región viscoelástica lineal siguiendo los modelos establecidos por las Ecuaciones 5 y 6 respectivamente de acuerdo al protocolo descrito por Martínez-Cervera (2013).

$$G' = a \cdot \omega^b \quad (5)$$

Donde:

G' = Módulo elástico asociado con la energía almacenada en el material

a (Pa^b) = Módulo de almacenamiento a baja frecuencia.

ω ($rad \cdot s^{-1}$) = Velocidad angular

b = Índice de la ley de potencia para el módulo de pérdidas.

$$G'' = c \cdot \omega^d \quad (6)$$

Donde:

G'' = Módulo viscoso asociado con la energía disipada por el material

c (Pa^d) = Módulo de pérdida a baja frecuencia.

ω ($rad \cdot s^{-1}$) = Velocidad angular

d = Índice de la ley de potencia para el módulo de pérdidas.

Según estas ecuaciones, se puede determinar el comportamiento del fluido:

$G' > G''$ Comportamiento semisólido, es decir, será más elástico que viscoso.

$G' = G''$ Solución concentrada.

$G' < G''$ El alimento es como un semilíquido y se comporta como una disolución diluida.

Otra propiedad viscoelástica comúnmente usada es la tangente del ángulo de fase o tangente de pérdida, Ecuación 7, la cual describe los efectos de los componentes viscosos y elásticos en el comportamiento viscoelástico, y es también función de la frecuencia angular (Gunasekaran y Ak, 2000).

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (7)$$

Donde:

G' = Modulo de corte elástico o de almacenamiento (Pa)

G'' = Modulo de corte viscoso o de pérdida (Pa)

3.4.6. TEXTURA DE LAS MAGDALENAS

Las propiedades texturales de las magdalenas 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).

En el test de doble compresión (TPA), 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 el análisis de perfil de textura (TPA) se obtuvieron cilindros de 40 mm de altura y 40 mm de diámetro con un sacabocados previo corte horizontal de la parte superior de la magdalena para eliminar la corteza. Se realizó una doble compresión con un 40% de deformación a una velocidad de 1 mm/s, con un tiempo de espera de 5 s entre las dos compresiones. La compresión se realizó con una sonda cilíndrica de aluminio de 40 mm de diámetro (Figura 4). Los resultados analizados fueron: dureza (el pico de fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión), elasticidad (la altura que se recupera durante el tiempo de espera entre el final del primer ciclo y el comienzo del segundo) y cohesividad (la relación entre la segunda área positiva y la primera). Se realizaron cinco repeticiones para cada lote de magdalenas.



Figura 4. Detalle de la sonda para el ensayo mecánico de doble compresión.

3.4.7. PROPIEDADES ÓPTICAS

Las medidas instrumentales de color se realizaron en la parte externa superior y en el interior de las magdalenas. En ambos casos se trabajó en las zonas centrales. Para ello, 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 diferencias de color total (ΔE^*) entre la magdalena control (C) y las magdalenas con fibra (5 FPI/FPU y 10 FPI/FPU) se calcularon aplicando la *Ecuación 8*:

$$\Delta E^* = (\Delta L^* + \Delta a^* + \Delta b^*)^{1/2} \quad (8)$$

De acuerdo con Novoa Y Ramirez, (2012) los valores determinantes para establecer que hay diferencias de color se estiman en que:

$\Delta E^* < 2,7$: las diferencias de color no son perceptible para el ojo humano.

$\Delta E^* > 2,7$: las diferencias de color se observan por el ojo humano.

3.4.8. ALTURA

La altura fue medida desde la parte más alta de la magdalena hasta la parte inferior utilizando un calibre digital (Mondpalast, 150 mm Calibre Vernier Digital), realizándose un total de 12 medidas para cada lote de magdalenas.

3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

La posible aceptación de dos tipos de magdalenas formuladas con las fibras estudiadas en el presente trabajo (5% fibra procedente de pulpa y 5% fibra procedente de la piel), respecto a las magdalenas convencionales (control) se llevó a cabo mediante un panel compuesto por 28 catadores, todos ellos empleados o estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) con edades comprendidas entre 18 y 65 años. Este estudio se realizó en un laboratorio sensorial con cabinas individuales (ISO 8589,1988) del Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD). Las muestras fueron presentadas a los catadores simultáneamente, estando codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Se valoraron el aspecto, el color (exterior e interior), el aroma, la textura, la esponjosidad y el sabor 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". También, 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 del grado de sustitución en las formulaciones sobre los diferentes parámetros analizados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA

En la figura 5 se presentan los resultados de la caracterización de la fibra de caqui procedente tanto de la piel, como de la pulpa. Como puede observarse, ni la capacidad de hinchamiento (SC) ni la capacidad de retención de agua (WRC) mostraron diferencias significativas en los dos tipos de fibra. Sin embargo, la capacidad de absorción (WHC) de agua fue significativamente mayor en la pulpa, por su carácter más hidrófilo. Otros autores como Raghavendra *et al.*, (2006) y Chau *et al.*, (2007) presentaron resultados para distintos frutos como la pulpa de coco (20 mL/g) o la pulpa de zanahoria (18 mL/g), inferiores al promedio obtenido para las distintas muestras analizadas. La capacidad de hinchamiento de la fibra de la mayoría de los productos estudiados está por encima de la capacidad de absorción. No obstante, los valores absolutos no pueden compararse porque en el presente trabajo no se determinó la medida del tamaño de partícula. La capacidad de retención de agua, estudiada bajo las mismas condiciones que Alarcón *et al.*, (2013) han dado resultados similares, por lo que la fibra procedente del caqui tendría comportamiento análogo a la de la cáscara de plátano, es decir, los valores obtenidos corresponden a un recurso con aptitud en cuanto a funcionalidad tecnológica para su inclusión en matrices alimenticias.

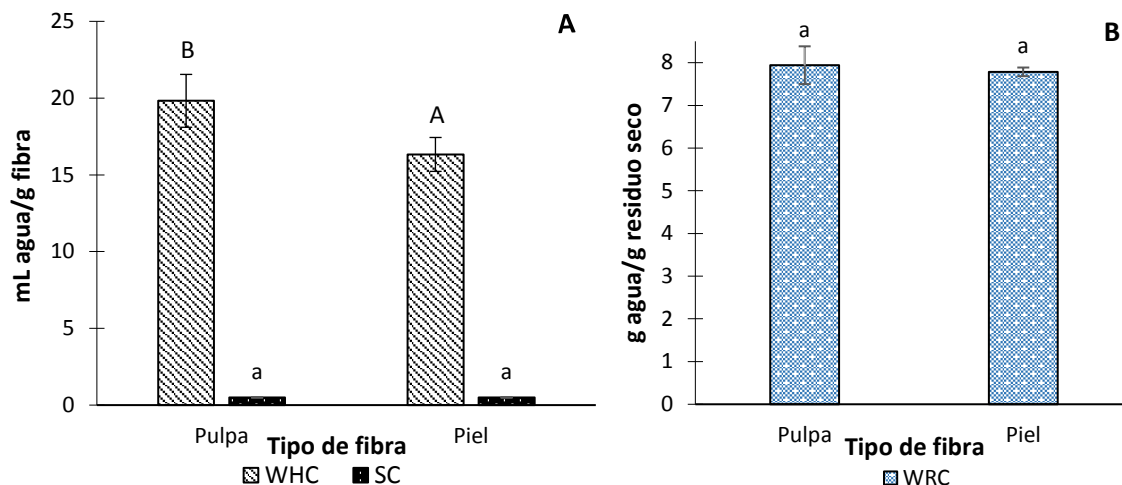


Figura 5. Comparación de las propiedades de hidratación: capacidad de retención de agua (B), capacidad absorción de agua y capacidad de hinchamiento de la fibra dietética de caqui (A). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p>0,05$).

4.2 ACTIVIDAD DE AGUA

En la figura 6 se presentan los resultados de la actividad de agua tanto de la masa como del producto horneado. Como era de esperar, la a_w de la magdalena fue inferior a la de la masa, por la pérdida de agua durante el proceso de horneado, independientemente del tipo de fibra considerado. Sin embargo, las magdalenas que se formularon con fibra de piel presentaron una a_w mayor que en las magdalenas sin fibra, mientras que las magdalenas con fibra de pulpa mostraron el comportamiento contrario. Esta conducta podría asociarse a la mayor capacidad de absorción de agua de la fibra de pulpa, comentada anteriormente, que supondría también una mayor pérdida del agua disponible como consecuencia del proceso de horneado, dando lugar a valores de actividad de agua menores. Por otra parte, el mayor porcentaje de fibra considerado dio valores de a_w más próximos al control. En otros estudios realizados con magdalenas, Raga (2015), los valores de a_w de las masas no obtuvieron diferencias significativas, con valores que oscilaron entre 0,855-0,777.

Es importante destacar la disminución de a_w de la magdalena ya que es un parámetro muy importante relacionado con el tiempo de vida útil. Conocer los mecanismos que producen la pérdida de la aceptabilidad permitiría plantear estrategias, para aumentar la vida útil, que no afecten a las características nutricionales y sensoriales del alimento (LabFerrer, 2012).

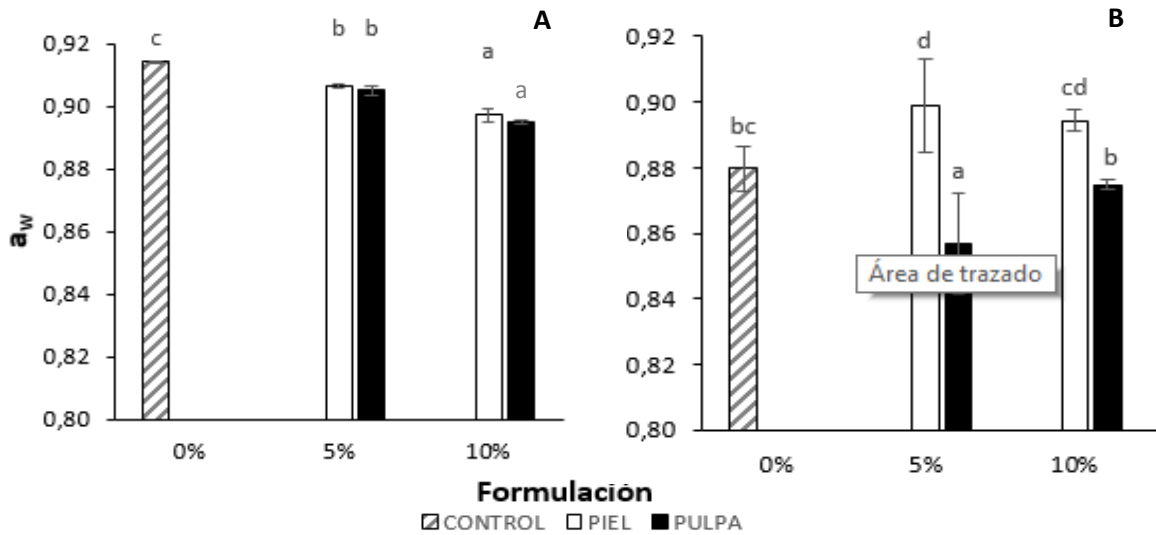


Figura 6. Representación de la actividad de agua tanto de la masa (A) como de la magdalena horneada (B). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p > 0,05$).

4.3 HUMEDAD

Como puede observarse en la figura 7, en la magdalena horneada, no hay diferencias significativas en el porcentaje de humedad entre la magdalena control y las magdalenas con fibra, aunque la humedad de la masa con fibra de piel fue significativamente inferior para los dos niveles estudiados ($p < 0,05$). Es posible que la presencia de fibra en la composición de las magdalenas contribuya a homogeneizar el contenido de humedad en las distintas formulaciones, ya que la fibra procedente de los frutos tiene una gran afinidad por el agua (Quiles *et al.*, 2017).

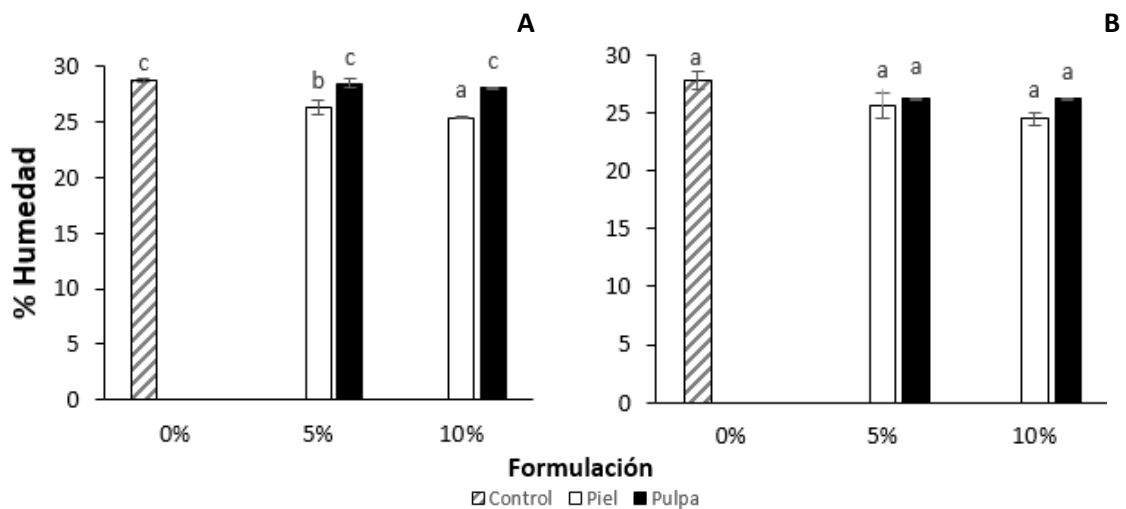


Figura 7. Representación del porcentaje de humedad de la masa de magdalena (A) y del producto horneado (B). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p > 0,05$).

4.4 ALTURA DE LAS MAGDALENAS

En la figura 8 se muestran la altura de las magdalenas estudiadas, donde se puede apreciar que la incorporación de fibra de caqui no modificó significativamente este parámetro. Estudios previos con otras fibras ponen de manifiesto un efecto poco significativo entre las magdalenas control y las formuladas con fibras de distintos frutos: Grigelmo *et al.*, (1999) utilizaron fibra de melocotón en diferentes cantidades como sustituto de la grasa en magdalenas y se observó que, parámetros como la altura no se vieron afectados por el contenido de fibra, pero sí se produjo un oscurecimiento del producto.

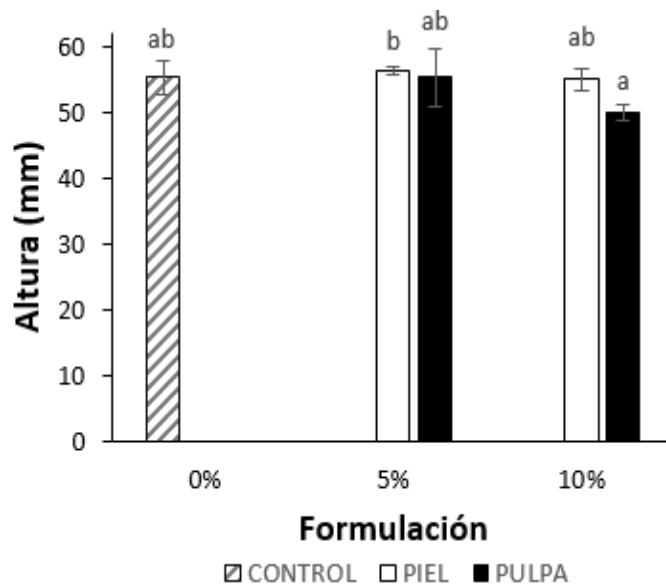


Figura 8. Altura de las magdalenas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p > 0,05$).

4.5 REOLOGÍA DE LAS MASAS

Los resultados obtenidos tanto del ensayo oscilatorio como del estacionario se presentan en la tabla 2. Como puede observarse, el valor del ángulo de fase ($\tan \delta = G''/G'$) próximo a la unidad en la masa control indicó un comportamiento viscoelástico, mientras que el resto de masas tuvieron un comportamiento elástico ya que este cociente fue menor que la unidad (Singh *et al.*, 2016; García *et al.*, 2016). Además, la respuesta elástica fue más evidente en las masas formuladas con fibra de pulpa de caqui independientemente del porcentaje considerado. Por otra parte, a través del ensayo estacionario se llevó a cabo el estudio de la evaluación de la viscosidad en función de la velocidad de cizallamiento, en el cual se vio reflejado que, en el intervalo de velocidades estudiado, todas las masas presentaban un comportamiento

pseudoplástico, es decir, la viscosidad disminuyó a medida que se aumentó la velocidad de cizallamiento. Este hecho quedó constatado con el índice de comportamiento al flujo (n), indicando una mayor resistencia al flujo y, por tanto, una mayor complejidad en la estructura de la masa (Martínez-Cervera, S., 2013). Además, la consistencia aumentó significativamente con la incorporación de la fibra de caqui en función del porcentaje considerado y en mayor medida cuando la fibra procedía de la pulpa.

Tabla 2. Parámetros de la Ecuación de Ostwald de Waele o ley de la potencia.

Muestras/Parámetros	$\tan \delta$	$k (Pa.s^n)$	n	$\mu_a (Pa.s^n) *$
Control	1,03 ± 0,02 ^d	11,4 ± 0,8 ^a	0,672 ± 0,006 ^b	3,16 ± 0,16 ^a
5 FPI	0,83 ± 0,02 ^c	24 ± 2 ^a	0,66 ± 0,02 ^b	6,2 ± 0,2 ^b
10 FPI	0,54 ± 0,04 ^b	44 ± 5 ^a	0,63 ± 0,02 ^b	10,4 ± 0,5 ^c
5 FPU	0,33 ± 0,02 ^a	64 ± 58 ^a	0,44 ± 0,15 ^a	5,629 ± 1,008 ^b
10 FPU	0,33 ± 0,06 ^a	166 ± 129 ^b	0,36 ± 0,22 ^a	10 ± 2 ^c

En la misma columna, valores con la misma letra no hay diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$).

*Para un gradiente de velocidad de $\dot{\gamma} = 50 \text{ s}^{-1}$

4.6 TEXTURA

En la figura 9 se presentan los valores de los parámetros mecánicos estudiados para evaluar el efecto de la fibra de caqui, tanto de la piel como de la pulpa, sobre la textura de las magdalenas. En cuanto a la firmeza, fuerza máxima que tiene lugar en el primer ciclo de compresión, los resultados ponen de manifiesto que, cuando el reemplazo de harina de trigo por fibra fue del 5%, se incrementó de forma significativa la firmeza del producto, fundamentalmente cuando ésta procedía de la piel. Cuando el reemplazo fue del 10%, ambas fibras endurecieron las magdalenas, pero en mayor medida cuando la fibra procedía de la piel del caqui. Valores elevados de dureza confieren al producto características poco deseables para el consumidor, ya que cuanto más alto sea el valor, más fuerza será necesaria para alcanzar el valor de deformación deseado. En cuanto a la elasticidad, altura recuperada por el cilindro entre el final de la primera compresión y el comienzo de la segunda compresión, en general fue similar en todos los casos, detectándose una ligera disminución en las magdalenas formuladas con un 5% de fibra procedente de la pulpa. Por último, la relación entre el área positiva de la fuerza

durante la segunda compresión y el área positiva de la fuerza durante la primera compresión, o lo que es lo mismo, la cohesividad, sólo disminuyó significativamente en los casos en los que se utilizó un 10% de fibra, especialmente procedente de la piel. Este parámetro está especialmente ligado a la firmeza ya que, magdalenas con elevado contenido en fibra, poseen mayor capacidad para ligar el agua, generando una estructura de miga más débil y, por ende, menos cohesiva. López, (2017) y Carreño, (2017) encontraron resultados similares en magdalenas al comparar la magdalena control frente a unas reformuladas con proteínas de chíá y con harinas libres de gluten, respectivamente.

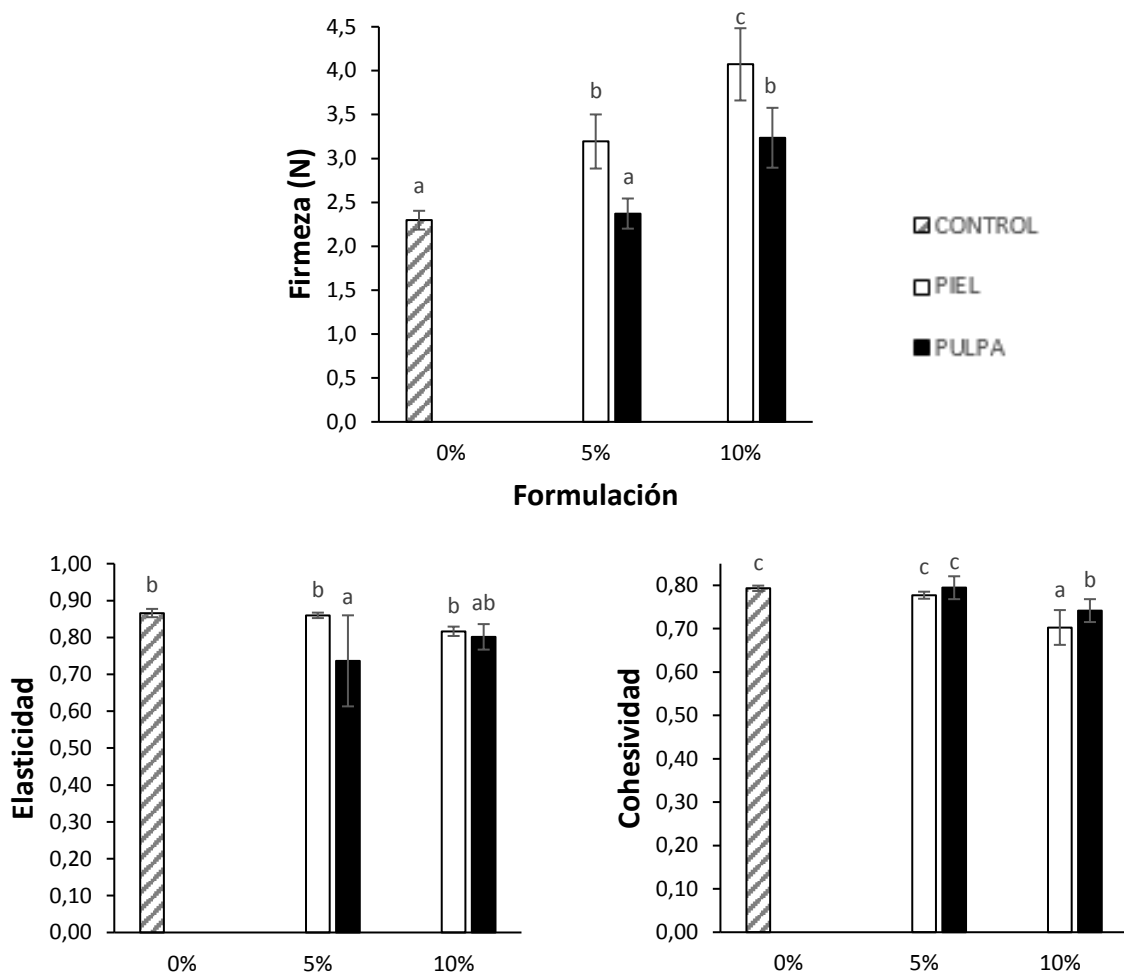


Figura 9. Firmeza, elasticidad y cohesividad de las magdalenas en función del tipo y porcentaje de fibra de caqui utilizadas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p > 0,05$).

4.7 COLOR

En la figura 10 se muestra la ubicación en el plano cromático de las coordenadas b^* y a^* de color de las magdalenas analizadas en este estudio, tanto de la parte externa como de la parte interna. En todos los casos se observó que la inclusión de fibra procedente de caqui dio lugar a valores de b^* significativamente inferiores a los de las magdalenas control, obteniendo así un color oscuro. Por otra parte, la coordenada a^* permaneció bastante similar al control en la parte externa de la magdalena, mientras que en la interna aumentó considerablemente. En general, ni el nivel ni la procedencia de la fibra de caqui utilizada pareció influir en la ubicación de estas coordenadas.

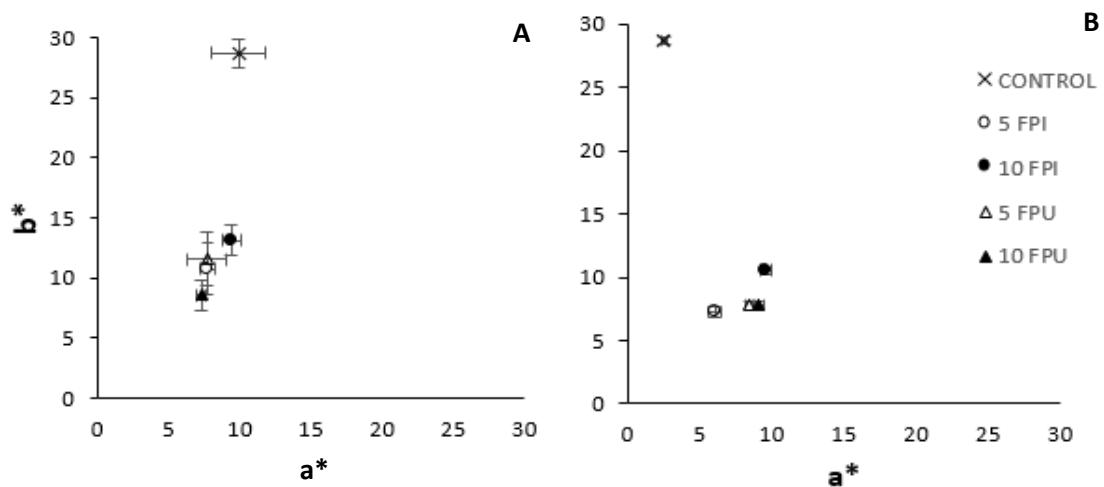


Figura 10. Planos cromáticos b^* vs a^* del exterior de las magdalenas (A), y del interior (B).

Para poder cuantificar las diferencias de color de las magdalenas formuladas con fibra se calcularon los valores de ΔE que se presentan en la figura 11. Las muestras control presentaron un $\Delta E_{\text{externo}} = 3,0 \pm 1,3$ y un $\Delta E_{\text{interno}} = 0,6 \pm 0,4$, respecto a sus valores medios, poniendo de manifiesto que esta variabilidad entra dentro de lo admitido ya que sería apenas perceptible (Pereira, 2010). Sin embargo, y en coherencia con la ubicación en los planos cromáticos, las magdalenas formuladas con fibra presentaron valores de ΔE superiores a 25 unidades, sin una tendencia clara respecto al porcentaje ni al tipo de fibra utilizado. Este cambio en la apariencia del producto repercutirá sobre las valoraciones del panel de catadores que se comentarán en el siguiente apartado.

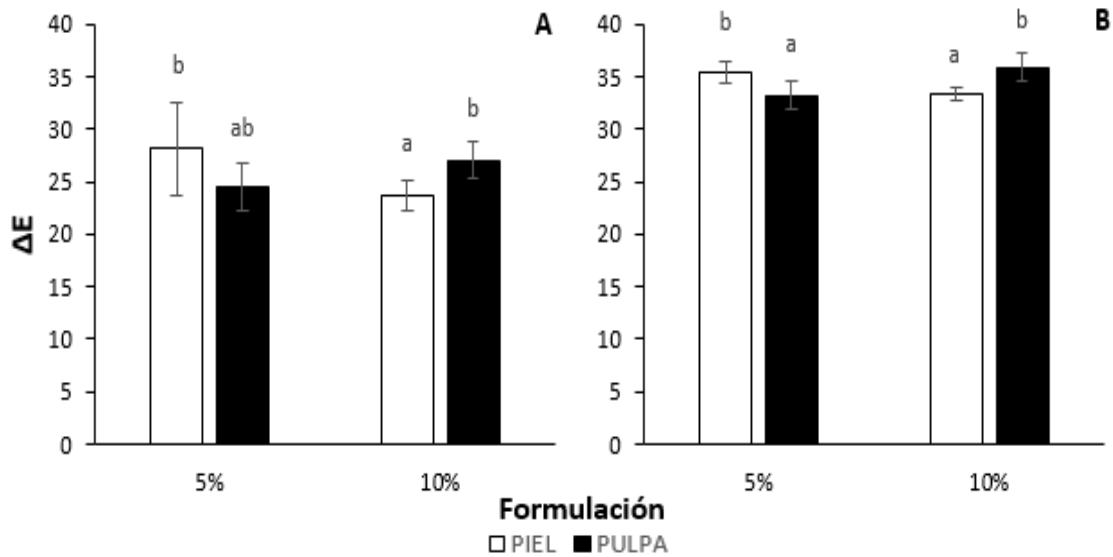


Figura 11. Representación de la diferencia de color tanto en el exterior de la magdalena (A) como en el interior (B). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas en ese parámetro ($p > 0,05$).

4.8 ANÁLISIS SENSORIAL

Para evaluar la percepción de los consumidores de la incorporación de fibra de caqui en las magdalenas, se decidió considerar sólo el porcentaje de reemplazo del 5% de harina de trigo por fibra de caqui, tanto de piel como de pulpa, puesto que las propiedades mecánicas analizadas instrumentalmente eran las más similares. Los resultados del análisis sensorial obtenidos se presentan en la figura 12, en base a una escala hedónica. Como puede observarse, el factor formulación fue significativo en todos los parámetros sensoriales analizados, siendo la magdalena control la mejor evaluada. Conviene destacar que los atributos más diferenciados por parte de los catadores fueron el sabor y el retrogusto. En ambos aspectos, las magdalenas formuladas con fibra procedente de la piel obtuvieron la peor puntuación.

En cuanto al aspecto y al color, el panel sensorial no pudo diferenciar entre las magdalenas con fibra de caqui. Sin embargo, si hay una notable diferencia al compararlas con las magdalenas control. Esta respuesta podría estar relacionada con la mejor aceptación del color al cual se asocia una magdalena convencional.

Evaluando el tacto, aroma y la textura, los valores estadísticos manifiestan que no hay diferencias significativas entre los 3 tipos de muestras, lo cual refleja que independientemente del tipo de fibra, las características mencionadas no son apreciables.

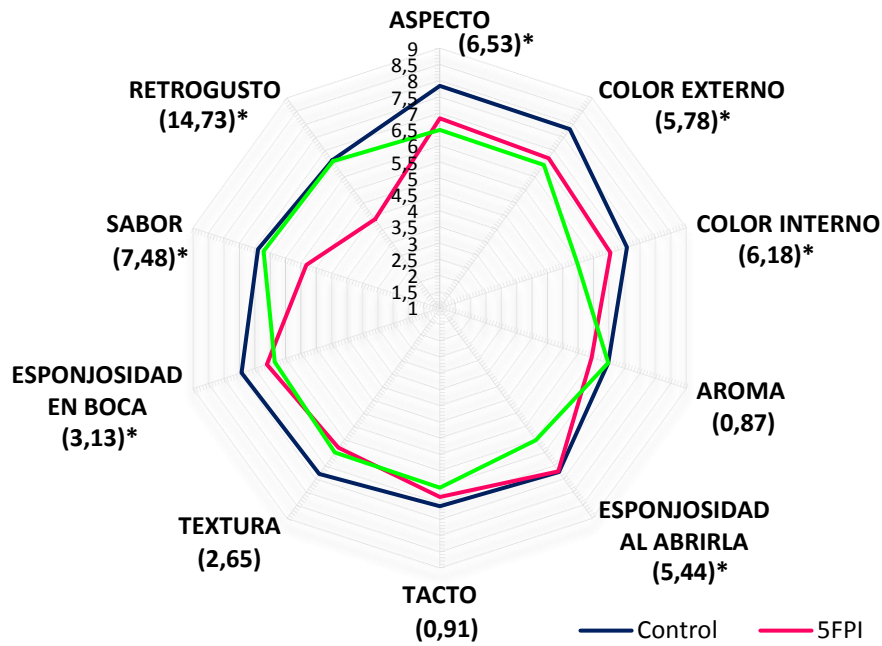


Figura 12. Resultados del análisis sensorial con la escala hedónica de magdalenas elaboradas con diferentes porcentajes de fibra de caqui. Los valores del cociente F-ratio obtenidos del ANOVA para analizar el efecto significativo de las formulaciones sobre los atributos se presentan entre paréntesis.

*Nivel de significancia del 95%.

En la figura 13 se presentan los resultados del análisis *Just About Right*, para determinar si los jueces preferirían mayor o menor intensidad del atributo evaluado. Debido a que la adición de fibra potencia la coloración oscura de las magdalenas, se constata que las magdalenas reformuladas con fibra, FPU y FPI, registraron un color externo e interno de mayor intensidad del que les gustaría a los catadores, mientras que para la magdalena control, los jueces opinaron que, en un 60,7% y 50% respectivamente, el color era el adecuado. Respecto al grado de dureza, como era de esperar para la magdalena control, entorno al 78% de los catadores consideraron que estaba en el punto óptimo. Para las magdalenas formuladas con piel, el 67,8 % de los jueces consideraron que la dureza era la óptima, mientras que el 32,2% restante consideraron que estaba o demasiado dura o demasiado blanda a partes iguales. Por último, para las magdalenas formuladas con fibra de pulpa, el 60,7% de los catadores opinaron que la dureza era óptima. Sin embargo, alrededor del 36% de los jueces, consideraron que la dureza que presentaban estas magdalenas era excesiva, siendo prácticamente despreciable el porcentaje de jueces que la consideraron demasiado blanda. En cuanto a la intención de compra, ha podido comprobarse que la mayoría de los catadores estaría indeciso a la hora de obtener el producto ya que para las magdalenas control sólo el 25% de jueces estaría dispuesto a comprarlas, mientras que las magdalenas con fibra, sólo un 14% compraría las formuladas con pulpa y nadie optaría por comprarlas formuladas con piel.

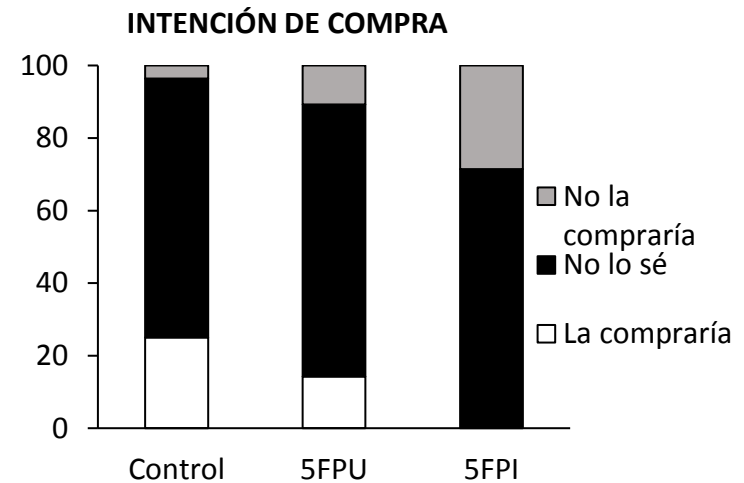
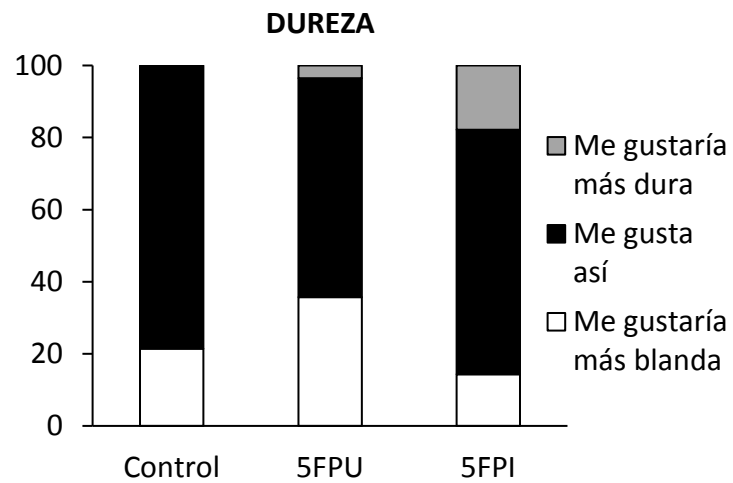
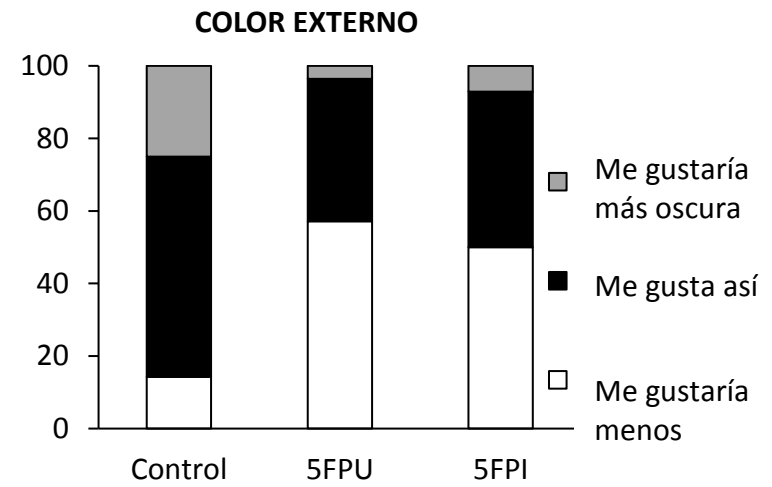
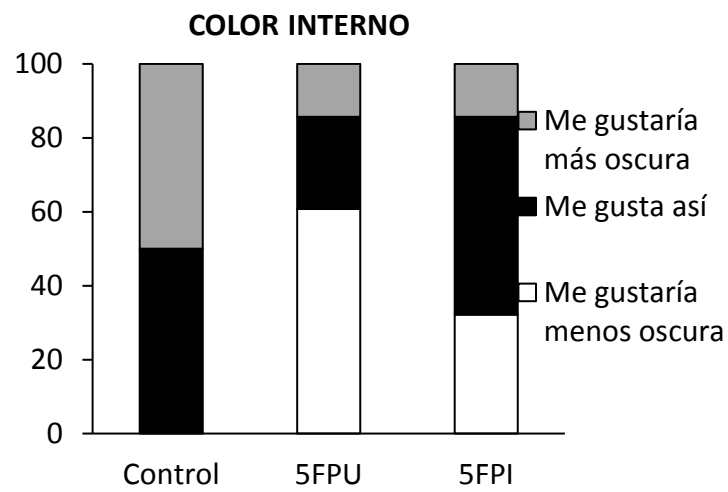


Figura 13. Representación del porcentaje de jueces que seleccionaron los diferentes niveles en la escala JAR (Just-About-Right) para cada atributo.

En la figura 14 se presenta el gráfico de penalizaciones para los diferentes atributos estudiados. Con este análisis se puede ver si los jueces que han catalogado un atributo por encima o por debajo del punto ideal, han dado una menor puntuación en la aceptación global que aquellos que afirmaron que el atributo estaba en su punto ideal. Es decir, 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). El análisis se realizó para cada atributo de forma independiente y en la escala de 3 niveles utilizada en el análisis sensorial de punto ideal o *Just About Right* (JAR). Para ello, se ordenaron los datos en tres grupos según los resultados que habían dado los jueces en la escala JAR: el primer grupo correspondió a los jueces que habían otorgado una puntuación de 1 (Grupo “Demasiado bajo”), el segundo grupo fueron los jueces que dieron una puntuación de 2 (Grupo “JAR”) y, por último, el tercer grupo se asoció a los jueces que dieron la puntuación de 3 (Grupo “Demasiado alto”). Además de considerar los resultados de la escala JAR, se tuvo en cuenta el dato correspondiente de aceptación global (el resultado del atributo en la escala hedónica) para cada uno de los jueces en función del atributo evaluado. Una vez organizada esta información, se calculó la aceptación global media de cada grupo, como el promedio de la puntuación obtenida en la escala hedónica por sus jueces. A continuación, la penalización o *mean drop* para el grupo “Demasiado bajo” se obtuvo restando a la aceptación global media del grupo JAR la aceptación global media del grupo “Demasiado bajo”. De igual forma, se calculó la penalización para el grupo “Demasiado alto”. 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 el *mean drop* o penalización es inferior a 1 o cuando el porcentaje de jueces que ha dado puntuaciones al producto, diferentes del JAR, es inferior a 20%. Por ello, en la figura 14 se puede ver claramente que el parámetro que menos efecto ha tenido en la penalización ($mean\ drop < 1$) de la aceptación global ha sido la menor dureza registrada en todas las magdalenas. En contraposición, el color demasiado oscuro de las magdalenas con fibra, especialmente procedente de la pulpa fue penalizado ($mean\ drop > 1$) por un mayor porcentaje de jueces. Por otra parte, hay que comentar que en el caso de las magdalenas con fibra de piel se penalizó más el color externo que el interno, mientras que el comportamiento opuesto se vio cuando la fibra procedía de la pulpa. No obstante, un porcentaje de jueces inferior al 20% manifestó su interés en que se aumentara el color de las magdalenas con fibra. Respecto al control, en coherencia con los resultados vistos en el análisis del punto ideal (JAR), un elevado porcentaje de jueces hubiera preferido un color interno más oscuro. En cuanto a los resultados de dureza, todas las magdalenas formuladas con fibra de caqui presentaron un valor de penalización elevado por estar demasiado duras, pero sólo cuando la fibra era de pulpa, el porcentaje de catadores que penalizó en este sentido la firmeza

del producto fue superior al 20%. Por tanto, se podría concluir que no sería tan necesario mejorar la textura de la magdalena con fibra de caqui, tanto de la piel como de la pulpa (reducir la dureza), como conseguir que el color sea más claro.

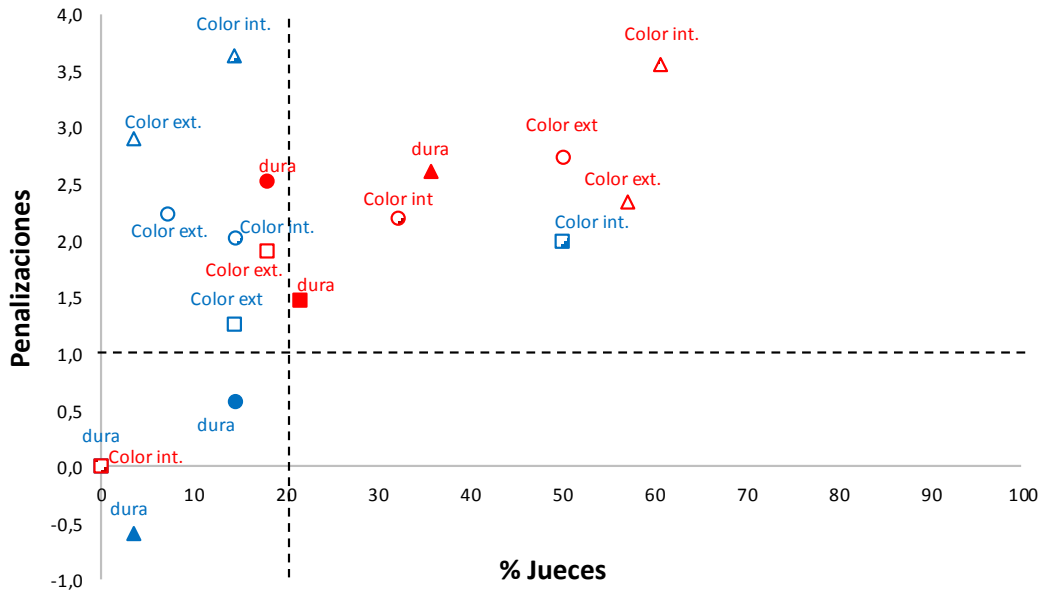


Figura 14. Gráfico de penalizaciones (mean drops frente a % jueces). El color azul corresponde al grupo “Demasiado bajo” y el color rojo al grupo “Demasiado alto”. Las formulaciones de las magdalenas están identificadas por los símbolos: cuadrado: control, triángulo: fibra de pulpa 5% y círculo: fibra de piel al 5%. Los parámetros sensoriales analizados se identifican por la trama de los símbolos: rellenos: dureza; vacíos: color externo y con trama: color interno.

5. CONCLUSIONES

- La capacidad de hinchamiento y la de retención de agua de las fibras obtenidas a partir de la piel y la pulpa de caqui fueron similares. Sin embargo, la capacidad de absorción de agua fue mayor en la fibra procedente de la pulpa, principalmente por su carácter más hidrófilo. En cualquier caso, durante el horneado la velocidad de salida de agua retenida en la masa dio lugar a magdalenas con el mismo contenido en agua final.
- La incorporación de fibra de caqui no afectó a la altura de las magdalenas, lo que evidencia que la fibra no altera la capacidad de hinchamiento de la masa durante el horneado y su posterior estabilidad.
- Desde el punto de vista mecánico, la incorporación de fibra confirió un comportamiento elástico a las masas, mientras que las muestras control adquirieron un comportamiento viscoelástico. Además, todas las masas presentaron un comportamiento pseudoplástico, aumentando la viscosidad aparente con el aumento en el contenido en fibra. En consecuencia, la dureza de estas magdalenas también aumentó. Sin embargo, los valores de elasticidad y cohesividad fueron similares en todos los casos.
- Respecto a las propiedades ópticas, la inclusión de fibra de caqui dio lugar a una disminución de la coordenada b^* , tanto en el interior como en el exterior, obteniéndose así una coloración más oscura, mientras que la coordenada a^* se mantuvo alrededor de la muestra control. A grandes rasgos, ni la procedencia ni el nivel de reemplazo influyó en las coordenadas del plano cromático.
- En coherencia con las medidas instrumentales, la mayor intensidad de la coloración marrón y el aumento de la dureza de las magdalenas formuladas con fibra fueron los atributos más penalizados en el análisis sensorial. Además, en la escala hedónica, los jueces, en la mayoría de los atributos analizados, valoraron con puntuaciones más bajas las magdalenas con fibra de piel, especialmente en el sabor y el retrogusto. Estos aspectos repercutieron a la hora de determinar la menor intención de compra de las nuevas magdalenas respecto a las convencionales.

Como conclusión, deberían continuarse los estudios con el fin de mejorar el color y la textura del producto para aumentar las expectativas de aceptación del mismo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÓN, M. Á., VARGAS, J. H. L., Y MOLINA, D. A. R. (2013). Caracterización de la funcionalidad tecnológica de una fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(1), 6959-6968.

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

ARNAL, L., Y 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.

BALLESTEROS-VÁSQUEZ, M. N., VALENZUELA-CALVILLO, L. S., ARTALEJO-OCHOA, E., Y ROBLES-SARDIN, A. E. (2012). Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 54-64.

BEESELEY, P.M. (1995). Sugar functionality reviewed. *Food Technology International Europe*, 87-89.

CABEZAS-ZABALA, C. C., HERNÁNDEZ-TORRES, B. C., Y VARGAS-ZÁRATE, M. (2016). Azúcares adicionados a los alimentos: efectos en la salud y regulación mundial. Revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(2), 319-329.

CABRERA, C. (2017). Sustitución de harina, grasa o azúcar en bizcochos por fibra de frutas del bosque (Doctoral dissertation), Universitat Politècnica de València.

CARBONELL, J. V., NAVARRO FABRA, J. L., SENTANDREU, E., AND SENDRA, J. M. (2012). Productos alimenticios derivados de caqui y método de obtención. Número de solicitud de Patente: 2 389 067 en la Oficina Española de Patentes y Marcas.

CARREÑO, M., (2017). Sustitución de harina de trigo refinada por harinas más nutritivas y libres de gluten en magdalenas. Trabajo fin de Máster universitario en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Universitat Politècnica de València.

CASTELLÓ, M. L., HEREDIA, A., DOMÍNGUEZ, E., ORTOLÁ, M. D., AND TARRAZÓ, J. (2011). Influence of thermal treatment and storage on astringency and quality of a spreadable product from persimmon fruit. *Food chemistry*, 128(2), 323-329.

CHAMORRO, R. A. M., Y 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.

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.

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).

DE LARRARD, F., FERRARIS, C. F., AND SEDRAN, T. (1998). Fresh concrete: a Herschel-Bulkley material. *Materials and structures*, 31(7), 494-498.

EROSKI CONSUMER, 2018. Alimentos funcionales. Qué son y sus propiedades. Available at: <http://www.consumer.es/alimentacion/aprender-a-comer-bien/alimentos-funcionales/que-son/>. [Accessed 13 Jun. 2018].

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.

FAO. Información general de caqui. (2018). Fruits of Vietnam. [online] Available at: <http://www.fao.org/docrep/008/ad523e/ad523e04.htm> [Accessed 13 Jun. 2018].

FAOSTAT, 2019. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Statistics crops. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. [Accessed 19 Feb. 2019].

FERNÁNDEZ, I., GARCÍA, E. M., Y FUENTES, A., (2018). Aplicación de las escalas de punto ideal o Just-About-Right (JAR) en análisis sensorial de alimentos.

FLÓREZ, J. F., GÓNGORA, C., PACHECO, I., AND CORTÁZAR, L. O. (2014). Análisis de consumo de los alimentos funcionales. Exploración de percepción de producto, marca y hábitos de consumo a partir de los cereales light. *Libre Empresa*, 11(1), 119-136.

GARCÍA-LÓPEZ, A., FIGUEROA-FLÓREZ, J., SALCEDO-MENDOZA, J., & DE PAULA, C. D. (2016). Viscoelasticidad en masas de panadería formuladas con harina de trigo y afrecho de yuca. *Agronomía Colombiana*, 34(1Supl), S367-S370.

IGUAL, M., CASTELLÓ, M. L., ORTOLÁ, M. D., Y ANDRÉS, A. (2008). Influence of vacuum impregnation on respiration rate, mechanical and optical properties of cut persimmon. *Journal of Food Engineering*, 86(3), 315-323.

Igual, M., Castelló, M. L., Roda, E., & Ortolá, M. D. (2011). Development of hot-air dried cut persimmon. *International journal of food engineering*, 7(5).

Illanes, A. (2015). Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 5-8.

ISO 4121:2003. 2003. Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales.

ISO 8589–1988. (1988). Sensory análisis. General guidance for the design of test rooms.

IVIA, 2019. Caqui en la Comunidad Valenciana. Available at: <http://gipcaqui.ivia.es/citricultura-valenciana>. [Accessed 19 Feb. 2019].

IVIA. Cuadernos de tecnología Agraria. El cultivo del caqui en la Comunidad Valenciana (2018). [online] Available at: <http://www.ivia.gva.es/documents/161862582/161863616/El+cultivo+del+kaki+en+la+Comunidad+Valenciana/b7cb3c4c-b38a-44f1-94d7-ab80b8244b9b> [Accessed 13 Jun. 2018].

LAB-FERRER (2012). Actividad de agua e isothermas de sorción. [online] Available at: <https://www.lab-ferrer.com/actividad-agua-isothermas.html> [Accessed 18 Mar. 2019].

LAJOLO M., SAURA C., WITING P., AND WENZEL M. (2001). Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Ed. Varela. Brasil. 84-358 p.

LEE, J. H., LEE, Y. B., SEO, W. D., KANG, S. T., LIM, J. W., AND CHO, K. M. (2012). Comparative studies of antioxidant activities and nutritional constituents of persimmon juice (*Diospyros kaki* L. cv. Gapjubaekmok). *Preventive nutrition and food science*, 17(2), 141.

LÓPEZ, J. M., (2017). Sustitución de proteína de huevo por proteína de chía en magdalenas. Trabajo fin de Máster universitario en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Universitat Politècnica de València.

MARTÍNEZ-CERVERA, S. (2013). Reemplazo de grasa y azúcar en magdalenas. Efecto sobre las propiedades reológicas, térmicas, de textura y sensoriales. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.

MARTÍNEZ-LAS HERAS, R., AMIGO-SÁNCHEZ, J. C., HEREDIA, A., CASTELLÓ, M. L., AND ANDRÉS, A. (2016). Influence of preharvest treatments to reduce the seasonality of persimmon production on color, texture and antioxidant properties during storage. *CyTA-Journal of Food*, 14(2), 333-339.

MARTÍNEZ-LAS HERAS, R., LANDINES, E., HEREDIA, A., CASTELLÓ, M. Y ANDRÉS, A. (2017). Influence of drying process and particle size of persimmon fibre on its physicochemical, antioxidant, hydration and emulsifying properties.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. Informe del Consumo de Alimentación en España, 2017. Available at: <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion->

alimentaria/informeannualdeconsumoalimentario2017_tcm30-456186.pdf [Accessed 19 Feb. 2019].

NISHIDA, C; UAUY, R; KUMANYIKA, S; SHETTY, P (2004) The Joint WHO/FAO Expert Consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications. *Public health nutrition*, 7 (1A). pp. 245-50. ISSN 1368-9800

NOVOA, D.F. Y RAMIREZ, J.S. (2012). Caracterización colorimétrica del manjar blanco del valle. *Ingresar a la revista*, 10(2), 54-60.

PATERAS, I.M.C. Y ROSENTHAL, A.J. (1992). Effects of sucrose replacement by poly dextrose on the mechanism of structure formation in high ratio cakes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 43, 25-30.

PEREIRA, J. (2010). ¿Cómo sé si mi perfil de color es correcto? [online] Available at: <http://www.jpereira.net/rough-profiler/validar-perfil-color-icc-delta-e> [Accessed 4 Mar. 2019].

PRIEGO, M. (2007). Obtención de Fibra Dietética a Partir de Sáculos de naranja aplicando un Tratamiento con vapor. Licenciatura, Huajuapán de León. México. Universidad Tecnológica de la Mixteca.

RAGA, A. (2015). Influencia de la harina de chufa y el maltitol en la caracterización fisicoquímica y sensorial de galletas (Doctoral dissertation).

SALVADOR, A., ARNAL, L., NAVARRO, P., y MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. (2006). Estado actual en la conservación de caqui 'rojo brillante'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7(2).

SÁNCHEZ, B. (2005). Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética del fruto del níspero (*Eriobotrya japonica*) y de la cáscara de mango obo (*Mangifera indica* L). Instituto de Agroindustrias.

STRUCK, S., GUNDEL, L., ZAHN, S., & ROHM, H. (2016). Fiber enriched reduced sugar muffins made from iso-viscous batters. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 32-38.

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.

ZAMBRANO Z, DE LA LUZ M, HERNÁNDEZ A, GALLARDO Y. (1998). Caracterización fisicoquímica del Nopal. En temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra dietética.

ZÚÑIGA, M. (2005). Caracterización de Fibra Dietaria en Orujo y Capacidad Antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.

7. ANEXOS

CATA DE MAGDALENAS

Antes de comenzar el análisis sensorial de las magdalenas, 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 magdalenas:

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Una vez al mes

Ocasionalmente

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

Muestra nº

Antes de probar la magdalena, valore las siguientes características:

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

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<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"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<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**:

Algo menos oscuro	
Está bien así	
Algo más oscuro	

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

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<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**:

Algo menos oscuro	
Está bien así	
Algo más oscuro	

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

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

7. **ESPONJOSIDAD AL ABRIRLA**

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

Después de probar la magdalena, valore las siguientes características:

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

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

11. ¿Cuánto te agrada la **esponjosidad en boca**?

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

13. ¿Cuánto te agrada el **retroquisto** en boca de este producto?

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