



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

EFECTO DE LA ADICIÓN DE FENOGRACO EN PASTA FRESCA SIN GLUTEN: PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, ACEPTACIÓN SENSORIAL E ÍNDICE GLICÉMICO

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E
INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNO/A: BEATRIZ LLAVATA CABRERO

TUTOR/A ACADEMICO: M^a EUGENIA MARTÍN ESPARZA
COTUTOR/A: ANA MARÍA ALBORS SOROLLA

Curso Académico: 2018-2019

VALENCIA, 1 de Febrero 2019

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE FENOGRACO EN PASTA FRESCA SIN GLUTEN: PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, ACEPTACIÓN SENSORIAL E ÍNDICE GLICÉMICO

B. Llavata Cabrero, M.E. Martín Esparza¹, A. Albors Sorolla¹

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de harina de fenogreco (2,5, 5, 7,5 y 10% g/g harina) en pasta fresca sin gluten elaborada a base de harina de garbanzo y de chufa. Se analizó su influencia en lo que se refiere a composición química, índice glicémico, propiedades mecánicas, propiedades de cocción, color y análisis sensorial. La incorporación de fenogreco supuso una mejora desde el punto de vista nutricional, aumentando el contenido proteico y disminuyendo el de las grasas, y dando lugar a un producto rico en fibra dietética, tanto soluble como insoluble, y en minerales. El análisis del índice glicémico indicó una significativa reducción en la respuesta glicémica, lo que resulta de especial interés para la población diabética. Esto parece ser debido, por una parte, al alto contenido en fibra soluble de la harina de fenogreco, y por otra, a una red estructural más densa por la presencia de una mayor cantidad de proteína, lo que podría ralentizar la digestión enzimática del almidón. La incorporación de harina de fenogreco mejoró las propiedades de cocción de la pasta, obteniéndose un mayor índice de absorción de agua, un mayor índice de hinchamiento y una disminución en las pérdidas de cocción. Los resultados revelaron asimismo una estructura más firme, fuerte, cohesiva y elástica, y un cambio en el color hacia tonalidades más oscuras y rojizas. Únicamente el análisis sensorial reflejó una baja aceptación, especialmente a partir del 5% de sustitución, debido a una alta intensidad del atributo amargor.

PALABRAS CLAVE: pasta sin gluten, harina de garbanzo, harina de chufa, harina de fenogreco, índice glicémico, textura, color, cocción, análisis sensorial.

RESUM

Aquest treball té com a objectiu avaluar l'efecte de la incorporació de farina de fenigrec (2,5, 5, 7,5 i 10% g/g farina) en pasta fresca sense gluten elaborada a base de farina de cigró i de xufa. Es va analitzar la seva influència en el que es refereix a composició química, índex glicèmic, propietats mecàniques, propietats de cocció, color i anàlisi sensorial. La incorporació de fenigrec va suposar una millora des del punt de vista nutricional, augmentant el contingut proteic i disminuint el dels greixos, i donant lloc a un producte ric en fibra dietètica, tant soluble com insoluble, i en minerals. L'anàlisi de l'índex glicèmic va indicar una significativa reducció en la resposta glicèmica, el que resulta d'especial interès per a la població diabètica. Sembla ser degut, d'una banda, a l'alt contingut en fibra soluble de la farina de fenigrec, i per una altra, a una xarxa estructural més densa per la presència d'una major quantitat de proteïna,

¹ Dpto. Tecnología de Alimentos. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46022.

el que podria alentir la digestió enzimàtica del midó. La incorporació de farina de fenigrec va millorar les propietats de cocció de la pasta, obtenint un major índex d'absorció d'aigua, un major índex d'inflament i una disminució en les pèrdues de cocció. Els resultats van revelar així mateix una estructura més ferma, forta, cohesiva i elàstica, i un canvi en el color cap a tonalitats més fosques i vermelloses. Únicament l'anàlisi sensorial va reflectir una baixa acceptació, especialment a partir del 5% de substitució, a causa d'una alta intensitat de l'atribut amargor.

PARAULES CLAU: pasta sense gluten, farina de cigró, farina de xufa, farina de fenigrec, índex glicèmic, textura, color, cocció, anàlisi sensorial.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the effect of the incorporation of fenugreek flour (2.5, 5, 7.5 and 10% g/g flour) on fresh gluten-free pasta made from chickpea flour and tiger nut. Its influence was analyzed in terms of chemical composition, glycemic index, mechanical properties, cooking properties, color and sensory analysis. The incorporation of fenugreek supposed an improvement from the nutritional point of view, increasing the protein content and decreasing that of fats, and giving rise to a product rich in dietary fiber, both soluble and insoluble, and in minerals. The analysis of the glycemic index indicated a significant reduction in the glycemic response, which is of special interest for the diabetic population. This seems to be due, on the one hand, to the high soluble fiber content of the fenugreek flour, and on the other, to a denser structural network due to the presence of a greater amount of protein, which could slow down the enzymatic digestion of starch. . The incorporation of fenugreek flour improved the cooking properties of the pasta, obtaining a higher rate of water absorption, a higher swelling index and a decrease in cooking losses. The results also revealed a firmer, stronger, cohesive and elastic structure and a change in color towards darker and reddish tones. Only the sensory analysis reflected a low acceptance, especially from 5% substitution, due to a high intensity of the bitterness attribute.

KEY WORDS: gluten-free pasta, chickpea flour, tiger nut flour, fenugreek flour, glycemic index, texture, color, cooking, sensory analysis.

¹ Dpto. Tecnología de Alimentos. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46022.

1. INTRODUCCIÓN

La diabetes es una grave enfermedad crónica en la que el organismo no produce insulina o no la utiliza adecuadamente, lo que provoca altas concentraciones de glucosa en sangre. Según el último *Informe mundial sobre la diabetes* de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la prevalencia global de esta enfermedad es del 8,5% de la población adulta (WHO, 2016). Esta enfermedad no sólo afecta a la edad adulta, sino que se ha convertido en uno de los trastornos endocrinos infantiles más frecuentes a nivel mundial (Jonsson et al., 2010). Está relacionada con las dietas altas en carbohidratos, por lo que existe un gran interés en controlar la cinética de digestión de éstos. Para ello, se ha introducido el concepto de Índice Glicémico (IG), que permite clasificar los alimentos ricos en carbohidratos en función de su potencial para aumentar la glucosa en sangre tras su ingesta (Giuberti et al., 2012). Los carbohidratos complejos que se absorben lentamente se conocen como carbohidratos con IG bajo (por debajo de 55); los que presentan un IG entre 55 y 70 se consideran que tienen una respuesta glicémica moderada; y los que tienen un IG superior a 70 son carbohidratos con alto IG (Giuberti et al., 2015). Los alimentos con carbohidratos con baja respuesta glicémica son básicamente las legumbres, pan de centeno y arroz hervido (Lalegani et al., 2018), por lo que se precisa ampliar y diversificar este tipo de productos.

Por otro lado, la enfermedad celíaca es un trastorno autoinmune común inducido por la ingestión de gluten en individuos genéticamente susceptibles (Meijer-Boekel et al., 2018), y se estima que el 1% de la población total a nivel mundial presenta esta enfermedad (Lamacchia et al., 2014). El mercado de los productos para celíacos está limitado debido a los altos precios, disponibilidad, propiedades sensoriales y variedad limitada (Capriles et al., 2016) ya que la mayoría de ellos están hechos a base de maíz o arroz (Hager et al., 2012). Además, se ha visto que la mayoría de estos productos presentan propiedades nutricionales inferiores (Lee et al., 2009; Miranda et al., 2014; O' Shea et al., 2014), así como un índice glicémico superior respecto a los productos tradicionales (Berti et al., 2004). Por tanto, existe una necesidad de formular nuevos productos sin gluten con mejor perfil nutricional.

Basándose en que las legumbres tienen un IG bajo (Hager et al., 2012; Jenkins et al., 2012), se ha estudiado el uso de la harina de garbanzo (Martín-Esparza et al., 2018), que además, es una fuente de proteínas, carbohidratos, polisacáridos y oligosacáridos. Por otra parte, el fenogreco (*Trigonella foenumgraecum*) es una leguminosa de la familia de las fabáceas con acción en la reducción del nivel de glucosa en sangre significativamente alto (Wani y Kumar, 2018). Aparte de ser un agente hipoglucemiante, también es conocido por sus propiedades antioxidantes y su alto contenido en fibra insoluble (20-25%) y fibra soluble (20%) (Shirani y Ganesharane, 2009). Asimismo, la harina de fenogreco posee un contenido en aminoácidos esenciales significativamente mayor que algunas harinas como la de soja; es especialmente rica en lisina, por lo que es un ingrediente prometedor para la formulación de nuevos productos con un buen perfil proteico (Feyzi et al., 2015).

Por otro lado, la chufa (*Cyperus esculentus*) es un tubérculo rico en carbohidratos, fibra (especialmente insoluble), minerales, vitamina E y C, arginina y ácidos grasos insaturados con un perfil similar al aceite de oliva (rico

en oleico), lo que podría suponer una mejora sustancial del perfil nutricional y funcional (Albors et al., 2016).

La pasta es un alimento consumido por un amplio sector de la población a nivel mundial por su bajo coste, fácil preparación y por ser atractivo tanto para adultos como niños. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) consideran pasta un buen vehículo para la adición de nutrientes (Foschia et al., 2013).

De este modo, el objetivo de este trabajo ha sido formular pasta fresca a base de harina de garbanzo, chufa y fenogreco. Se ha evaluado el efecto de la incorporación de la harina de fenogreco en la respuesta glicémica; así como las características químicas, comportamiento en la cocción, calidad final (propiedades mecánicas y ópticas) y aceptación sensorial del producto listo para consumir.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

La harina de garbanzo (CPF) utilizada para la elaboración de las pastas sin gluten fue obtenida del proveedor Rincón del Segura, S.L., (Albacete, España); la harina de chufa (TNF) de Tigernuts Traders S.L., (Valencia, España); y la harina de fenogreco (FF) de Especies Pedroza, (Málaga, España). La sémola de trigo duro utilizada en el estudio del índice glicémico para formular la pasta control, fue obtenida de Harinas Villamayor, S.A., (Huesca, España). Por otro lado, el agua mineral y los huevos fueron adquiridos en un supermercado local.

2.2. Preparación de la pasta y diseño experimental

La pasta fresca fue preparada mezclando las materias primas en una proporción constante de harinas (76% p/p), huevo (11% p/p) y agua (13% p/p). Las masas fueron elaboradas utilizando un robot de cocina (Thermomix TM-31, VorwerkSpain M.S.L., S.C., Madrid, España). Los ingredientes fueron pesados con una balanza modelo PFB 300-3 (Kem & Sohn GmbH, Balingen, Alemania), con una precisión de 0,001 g. Primero se mezclaron las materias primas líquidas a una velocidad baja (set 2 durante 15 segundos), para a continuación, añadir las materias primas sólidas a una velocidad media (set 4 durante 45 segundos). La mezcla obtenida fue amasada con la función espiga, simulando el amasado tradicional, durante 20 minutos, con 10 minutos de reposo en mitad del proceso. La masa formada fue boleada manualmente y se dejó reposar durante 20 minutos en la nevera a 4 °C. Una vez transcurrido este tiempo, la masa fue laminada a una velocidad constante (modelo A 2500, acoplado a un motor eléctrico (A2500), Imperia Italia) obteniendo láminas de 1 mm de espesor. La forma final de la pasta (pappardelle) fue obtenida en el mismo equipo con el accesorio Duplex reginette 12/44 mm (modelo 229, Imperia, Italia), con unas dimensiones de 4,4 cm de ancho y 7 cm de largo. Finalmente, la pasta elaborada fue congelada a -18 °C hasta su posterior análisis.

Las cantidades de FF a incorporar se establecieron tras estudiar la cantidad máxima de harina que la masa admitida para poder ser posteriormente

laminada. De esta forma se prepararon seis formulaciones diferentes variando los porcentajes de FF y TNF (Tabla 1).

TABLA 1. Diseño experimental con las diferentes formulaciones estudiadas.

% CPF	%TNF	%FF	Nomenclatura
50	50	0	0FF
50	47,5	2,5	2,5FF
50	45	5	5FF
50	42,5	7,5	7,5FF
50	40	10	10FF

2.2.1. COCCIÓN DE LA PASTA

Las pastas frescas fueron cocidas en agua desionizada a 98 °C en una proporción (25 g/300 mL). Para reducir pérdidas de agua por evaporación se mantuvo el recipiente cubierto. Una vez llegado al punto de ebullición se sumergieron las piezas en el agua y se mantuvieron durante 3 minutos (pasta “*al dente*”), para a continuación retirar del recipiente y enfriar con agua fría desionizada con tal de interrumpir el proceso de cocción. Finalmente, la pasta fue escurrida.

2.3. Composición química y a_w

Se analizó la composición química de las distintas harinas y pastas elaboradas (antes y después de la cocción) a través del estudio de su contenido en humedad, proteínas, grasas y cenizas según los métodos establecidos por la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC, 2005). El contenido en fibra soluble e insoluble fue determinado en la pasta cocida con el kit enzimático K-TDFR, según el método AOAC 985.29 (Megazyme International., Irlanda), y el almidón con el kit enzimático K-TSTA, basado en el método AOAC 996.11 (Megazyme International., Irlanda). Todas las medidas se realizaron por triplicado.

La actividad de agua se determinó (antes y después de la cocción) por triplicado mediante un higrómetro de punto de rocío, modelo AquaLab 4TE (Decagon Devices, Inc., Lab-Ferrer, Lleida, España). La precisión del equipo fue de $\pm 0,003$.

2.4. Índice glicémico

El análisis del índice de glicémico se basó en el procedimiento descrito por Giuberti et al. (2015), con pequeñas modificaciones (Englyst et al., 2003 y Wolever et al., 1991). Las muestras fueron cocidas tal y como se explica en el apartado previo (2.2.1.) y trituradas con un molinillo durante 10 segundos simulando la masticación. En tubos de 30 mL se añadieron 0,8 g de la muestra masticada, 5 mL de una disolución (5 mg/ml) de pepsina-HCl (Sigma-Aldrich®, Madrid, España), y 15 perlas de vidrio de 4 mm de diámetro. Los tubos fueron llevados a un baño en agitación (mod. 6032011, JP Selecta S.A., Unitronic, Barcelona, España) durante 30 minutos a 60 U/min, a 37 °C, que junto a las perlas permitió simular las condiciones de la digestión en el estómago. Una vez

transcurridos los 30 minutos, se añadieron 12 mL de tampón acetato de sodio 0,1 M (Sigma-Aldrich®, Madrid, España) para ajustar el pH a 5,2, y a continuación, 5 mL de una mezcla enzimática (7000 U/ml): invertasa (I-9274), pancreatina (P-7545) y amiloglucosidasa (A-7095) (todas de Sigma-Aldrich®, Madrid, España). Las muestras se volvieron a incubar en el baño con agitación en las mismas condiciones (30 min, 37 °C, 60 U/min) y fueron sacadas a diferentes tiempos: 0, 15, 30, 60, 10, 120 y 180 minutos. Inmediatamente se sumergieron en hielo para cesar la actividad enzimática y fueron llevadas a centrifugación (5804 R centrifuge, Eppendorf, Alemania) (4 °C, 5 min a 380 rpm). Se sacaron alícuotas de 0,5 mL del sobrenadante de cada muestra y se les añadió 0,5 mL de etanol puro (Sigma-Aldrich®, Madrid, España) para asegurar la inactivación total de las enzimas. Para determinar la concentración de glucosa en cada muestra se utilizó un método colorimétrico enzimático con glucosa oxidasa (GODPOD 4058, Giese Diagnostic SNC, Roma, Italy), empleando un espectrofotómetro (modelo Helios Zeta, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA).

El IG fue derivado de la relación entre el área bajo la curva de hidrólisis (0-180 min) de cada pasta sin gluten y el área correspondiente a pan blanco, el cual también se analizó y se utilizó como referencia (Giuberti et al., 2015). Para asegurar que la metodología descrita era correcta, se determinó el IG de pasta a base de sémola de trigo y se corroboró con datos bibliográficos (Giuberti et al., 2015; Capriles et al., 2016; Sęczyk et al., 2016).

2.5. Propiedades mecánicas

2.5.1. ENSAYO DE CORTE

La firmeza de las muestras de pasta fresca y cocida se determinó mediante un ensayo de corte usando un Texturómetro Analizador Universal de Textura TS.XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, Surray, UK). El ensayo fue realizado según el método AACC 16-50 (AACC, 2000) utilizando la sonda de corte A/LKB-F a una velocidad de 0,17 mm/s hasta su deformación total. El ensayo se realizó por triplicado y los datos fueron procesados utilizando el software Texture Exponent 6.1.7 (Stable Micro Systems Software).

2.5.2. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)

Las propiedades viscoelásticas de la pasta fresca se estudiaron a través de un análisis de perfil de textura (TPA) utilizando el Texturómetro Analizador Universal de Textura TS.XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, Surray, UK). El análisis TPA proporcionó una medida de las características de textura del producto: dureza, adhesividad, capacidad de recuperación inmediata, cohesividad y elasticidad de la masa. El análisis fue realizado con discos de pasta fresca de 10 mm de alto y 60 mm de diámetro, y una sonda de 75 mm de diámetro (disco de compresión de aluminio plano). Las condiciones del ensayo fueron: 50% de compresión, 1 mm/s, espacio de 75 s entre compresiones y 5 kg de célula de carga. Se realizaron 5 réplicas por cada formulación y los datos fueron procesados utilizando el software Texture Exponent 6.1.7 (Stable Micro Systems Software).

2.6. Propiedades ópticas

El color de la pasta fresca y cocida se midió en un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM-3600d, Tokio, Japón) entre 400 y 700 nm, iluminador D65 y observador estándar 10 °, usando fondo blanco. Con el espectro de reflexión se obtuvo la escala de color en coordenadas CIEL*a*b*. Los parámetros determinados fueron la luminosidad L* (L* = 0 [negro] y L* = 100 [blanco]), la coordenada a* (-a* = verde; y +a* = rojo), la coordenada b* (-b* = azul; y +b* = amarillo). Además, se calculó la diferencia de color (1) entre: (ΔE^*_1) la pasta cocida (i=c) y fresca (j=f); y (ΔE^*_2) la muestra sin harina de fenogreco (i=TNF), y el resto de pastas a las que se les fue incrementando la cantidad de esta harina (j=FF). Las medidas se realizaron por triplicado.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_i^* - L_j^*)^2 + (a_i^* - a_j^*)^2 + (b_i^* - b_j^*)^2} \quad (1)$$

2.7. Propiedades de cocción

2.7.1. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA

El índice de absorción de agua (WAI) indica la ganancia de agua por parte de la pasta durante la cocción (g/g). El WAI fue calculado relacionando el incremento de peso durante la cocción de la pasta fresca (2). El contenido en agua se determinó con el método AACC 44-40 (AACC, 2000). Se realizaron 5 réplicas de cada muestra.

$$WAI = \frac{m_c \cdot x_{wc} - m_0 \cdot x_{w0}}{m_0} \quad (2)$$

donde: m_c = peso de muestra cocida (g); x_{wc} = contenido en agua tras cocción (g agua/ g producto); m_0 = peso de muestra sin cocer (g); x_{w0} = contenido en agua antes de cocción (g agua/ g producto).

2.7.2. PÉRDIDAS DURANTE LA COCCIÓN

El porcentaje de pérdidas durante la cocción (% CL) contempla la cantidad de sólidos perdidos en el agua de cocción. El % CL fue calculado según el método 16-50 (AACC, 2000), relacionando el peso de la pasta cocida con el peso de residuo obtenido (3). Las muestras fueron cocidas según el protocolo descrito en el apartado 2.2.1., recogiendo el agua de cocción y la de enfriamiento en un recipiente de aluminio, para posteriormente evaporar toda el agua a 100 °C hasta peso constante, obteniéndose así el peso del residuo. Este ensayo se realizó por duplicado.

$$\%CL = \left(\frac{m_c}{m_r} - 1 \right) \cdot 100 \quad (3)$$

donde: m_c = peso de muestra cocida (g); m_r = peso de residuo (g).

2.7.3. ÍNDICE DE HINCHAMIENTO

El índice de hinchamiento (SI) relaciona el cambio de volumen tras la cocción (4). El SI fue determinado calculando las dimensiones (espesor, anchura y altura) de la pappardelle antes y después de cocer mediante un pie de rey (PCE-DCP 200N, PCE Ibérica S.L., Albacete, España). Se realizaron 6 réplicas de cada medida.

$$SI = \frac{(V_C - V_0)}{V_0} \quad (4)$$

donde: V_C = volumen de muestra cocida (cm^3); V_0 = volumen de muestra sin cocer (cm^3).

2.8. Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial de las muestras de pasta sin gluten en una sala de catas acorde con la norma UNE 8589:2010 (AENOR, 2010) con 40 jueces no entrenados. El análisis sensorial constó de dos pruebas. En primer lugar, una prueba de ordenación según la norma UNE 87-023 (AENOR, 1995) donde se presentaron las muestras simultáneamente y en orden aleatorio, y debían ser ordenadas por los jueces según un criterio especificado, el amargor de la pasta. Esta prueba sirvió para apreciar diferencias significativas entre las muestras basándose en la intensidad relativa del sabor amargo. Posteriormente, se realizó una escala de punto ideal siguiendo las recomendaciones de la norma UNE-EN-ISO 4121:2006 (AENOR, 2006), presentándose una única muestra (10FF) donde los jueces debían evaluar diferentes atributos (color, sabor dulce, sabor salado, sabor amargo, textura granulosa, textura compacta y dureza) determinando si cada uno estaba en el punto ideal, o si, por el contrario, sobraba o faltaba intensidad. Esta prueba sirvió para optimizar los elementos presentes en el alimento y fue combinada con una escala hedónica de aceptación global.

La interpretación de los resultados se realizó estadísticamente tal y como se indica en las normas.

2.9. Análisis estadístico

Todos los análisis de varianza (ANOVA) se realizaron con un nivel de significación del 95% y se determinaron las diferencias mínimas significativas (LSD, Least Significant Difference) mediante el Software estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Warrenton, USA).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición química y a_w

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la caracterización química de las harinas empleadas para la elaboración de la pasta sin gluten. Resultados similares fueron reportados para la harina de garbanzo (Sreerama et al., 2012), la harina de chufa (Aguilar et al., 2015; Albors et al., 2016) y la de fenogreco (Shirani y Ganesharane, 2009). Como era de esperar, el contenido de proteína de la harina de garbanzo (CPF) y fenogreco (FF) fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de la harina de chufa (TFN), por lo que el empleo de estas harinas en la formulación de pastas permitiría obtener un producto con un mayor contenido proteico. La TNF, por su parte, reveló un contenido lipídico significativamente superior ($p < 0,05$), que como se ha visto en estudios anteriores, es rico en ácidos grasos insaturados, especialmente ácido oleico (Martín-Esparza et al., 2018). Se puede observar, así mismo, que la CPF fue la que presentó un contenido significativamente mayor de almidón ($p < 0,05$), seguido de la TNF y muy por debajo la FF. Cabe también destacar el contenido significativamente mayor ($p < 0,05$) de fibra dietética (debido especialmente al aporte sustancial de fibra soluble) de la FF. Este alto contenido en fibra soluble, podría derivar en una respuesta glicémica menor (Rajarajeswari et al., 2012). Por su parte, también la TNF y la CPF son fuente de fibra, en la que predomina la fibra insoluble, lo que podría suponer una mejora del tránsito intestinal (Mudgil y Barak, 2013).

TABLA 2. Valores medios (desviación estándar) obtenidos para la caracterización química de las materias primas empleadas (g/100g).

	CPF	TNF	FF
Humedad	9,33(0,01) ^c	6,4(0,2) ^a	7,96(0,08) ^b
Proteínas	23,70(0,09) ^c	3,7(1,5) ^a	20,7(0,3) ^b
Grasas	4,31(0,03) ^a	21,44(0,06) ^c	5,31(0,05) ^b
Cenizas	3,2984(0,0007) ^b	2,516(0,004) ^a	4,3685(0,0004) ^c
Fibra			
-Soluble	6(3) ^a	3,5(1,3) ^a	25(2) ^b
-Insoluble	23,9(0,6) ^b	16,6(0,8) ^a	23(3) ^b
-Total	30(3) ^a	20(2) ^a	48(5) ^b
Almidón total	33,6(1,5) ^c	18(4) ^b	0,4(0,2) ^a

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

La composición química de las materias primas influyó en las pastas sin gluten obtenidas. La sustitución parcial de TFN por FF en diferentes proporciones dio lugar a formulaciones con propiedades nutricionales y funcionales diferentes. En la Tabla 3 se evidencia, en efecto, que a medida que se incorporó mayor cantidad de FF en la pasta (antes de la cocción), se obtuvo un producto con un mayor contenido proteico y de fibra soluble (mayor relación fibra soluble/fibra insoluble) y un menor aporte graso, mientras que el almidón y minerales no presentaron apenas variación. También es posible observar que el proceso de cocción supuso en todos los casos un aumento lógico del

contenido de humedad ($p < 0,05$), así como una disminución de la fibra soluble (alrededor de un 2% de pérdidas en todos los casos). En cualquier caso, todas las formulaciones ensayadas podrían ser declaradas como alimento con “alto contenido en fibra” al superar los 6 g fibra/ 100g de producto, de acuerdo con el Reglamento Europeo 1924/2006 (Consejo Europeo, 2006).

TABLA 3. Valores medios (desviación estándar) obtenidos para la caracterización química de las pastas elaboradas sin gluten antes y después de la cocción (g/100g, base seca).¹La humedad expresada en g/100 g producto.

	Antes de cocción				
	OFF	2,5FF	5FF	7,5FF	10FF
Humedad¹	25,7(0,2) ^{a,A}	27,7(0,5) ^{c,A}	27,656(0,101) ^{c,A}	26,4(0,2) ^{b,A}	27,2(0,3) ^{c,A}
Proteínas	12,12(0,06) ^{a,A}	12,589(0,012) ^{b,A}	13,6(0,2) ^{c,A}	13,8(0,2) ^{c,A}	14,45(0,19) ^{d,A}
Grasas	14,42(0,07) ^{d,A}	14,234(0,113) ^{c,A}	13,447(0,014) ^{b,A}	13,30(0,04) ^{b,A}	12,50(0,03) ^{a,A}
Cenizas	2,6571(0,0003) ^{a,A}	2,8366(0,0008) ^{ab,A}	2,7927(0,0013) ^{ab,A}	2,8849(0,0008) ^{b,A}	2,9134(0,0004) ^{b,A}
Fibra					
-Soluble	4,86*	5,55*	6,10*	6,54*	7,16*
-Insoluble	20,76*	21,51*	21,66*	21,47*	21,87*
-Total	25,61*	27,06*	27,76*	28,00*	29,02*
Almidón total	29,3(0,5) ^{b,A}	28,5(0,7) ^{ab,A}	29(2) ^{ab,A}	27,7(0,4) ^{a,A}	27,9(0,3) ^{ab,A}
	Después de cocción				
	OFF	2,5FF	5FF	7,5FF	10FF
Humedad¹	58(2) ^{a,B}	60,7(0,5) ^{b,B}	57,83(1,09) ^{a,B}	60,83(1,12) ^{b,B}	58,9(1,3) ^{ab,B}
Proteínas	13,04(0,02) ^{b,B}	13,4(0,2) ^{c,B}	10,98(0,14) ^{a,B}	14,79(0,13) ^{d,B}	14,67(0,03) ^{d,A}
Grasas	15,89(0,04) ^{c,B}	15,2(0,4) ^{b,A}	14,85(0,04) ^{b,B}	13,18(0,02) ^{a,A}	12,80(0,04) ^{a,B}
Cenizas	2,419(0,003) ^{a,A}	2,464(0,005) ^{a,A}	2,242(0,002) ^{a,A}	2,614(0,004) ^{a,A}	2,680(0,003) ^{a,A}
Fibra					
-Soluble	3(2) ^a	3,5(0,4) ^a	4,2(1,2) ^a	4,3(0,6) ^a	4,9(1,3) ^a
-Insoluble	19,2(1,3) ^a	20(3) ^a	22(5) ^a	24(4) ^a	22,4(1,8) ^a
-Total	22,31(3,69) ^a	23(3) ^a	26(6) ^a	29(4) ^a	27,3(0,6) ^a
Almidón total	32,6(0,9) ^{c,B}	30,6(1,3) ^{bc,B}	29(2) ^{ab,A}	28,4(1,5) ^{ab,A}	27,8(1,7) ^{a,A}

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

En la misma columna, y para cada parámetro, valores con la misma letra mayúscula indican que no hay diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$).

* Datos calculados a partir de los datos de materia prima (Tabla 2).

En cuanto al estudio de actividad del agua los resultados revelaron que no existió diferencia significativa entre las formulaciones de pasta ensayadas ni antes (el valor osciló entre 0,911(0,003) y 0,917(0,002)) ni después de la cocción (en este caso los valores oscilaron entre 0,993(0,003) y 0,9953(0,0005)).

3.2. Índice glicémico

En la Figura 1 se ha representado el índice glicémico (IG) obtenido tras la digestión enzimática *in vitro* de cada una de las formulaciones de pasta ensayadas.

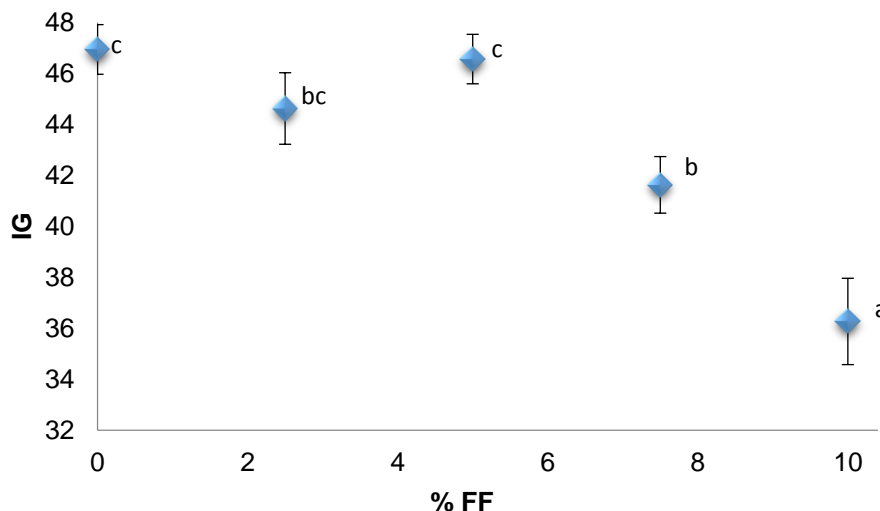


FIGURA 1. Valores de índice glicémico para cada formulación según porcentaje de FF añadido.

Valores con la misma letra indican que no hay diferencias significativas entre muestras ($p > 0,05$).

La pasta de sémola de trigo, con un IG de 73(2) se podría considerar que es un alimento con alto IG (>70); sin embargo, las formulaciones de pasta sin gluten obtenidas a base de CPF, TFN y FF revelaron tener un IG menor de 55 en todos los casos, y por tanto podrían ser clasificadas como alimentos con bajo IG (Giuberti et al, 2015). No obstante, las muestras de pasta con mayores porcentajes de FF demostraron tener un significativo menor IG ($p < 0,05$), especialmente la muestra 10FF, presentando una respuesta glicémica de 36(2). La incorporación de FF en snacks (Shirani y Ganesharane, 2009) y distintos panes (Losso et al., 2009; Roberts et al., 2014) también resultó en un menor IG. La actividad hipoglicémica del fenogreco ha sido principalmente atribuida a su alto contenido en fibra dietética y saponinas, pudiendo ralentizar la digestión enzimática de los carbohidratos así como reducir la absorción gastrointestinal de la glucosa (Neelakantan et al., 2014). Son numerosas las publicaciones que relacionan un alto contenido en fibra, y especialmente soluble (Hager et al., 2013; Jenkins et al., 2002; Tudorica et al., 2002; Brennan y Tudorica, 2008), con la baja respuesta glicémica. De este modo, se encontró un coeficiente de correlación negativa entre la fibra soluble y el IG ($r = -0,804$) y por ende, de la fibra total y el IG ($r = -0,890$) con un nivel de confianza del 95 %. Por otra parte, la posible presencia de ácido fítico (de ambas legumbres) y de polifenoles en el fenogreco, con capacidad para reducir la digestibilidad enzimática (Hager et al., 2013) podrían haber ayudado a reducir el IG. Además, la mayor o menor accesibilidad del agua (en la cocción), por un lado, y de la α -amilasa, por otro, a los gránulos de almidón, es un factor que podría afectar a la velocidad de digestión enzimática del almidón. En este sentido, teniendo en

cuenta que no existieron diferencias significativas ni en la humedad ni en la actividad del agua de las pastas antes de la cocción, la mayor presencia de proteína en las formulaciones con fenogreco podría dar lugar a una red estructural más densa y fuerte (como de hecho evidencian los resultados obtenidos en las propiedades mecánicas), que dificultaría el ataque enzimático al almidón. Así, se encontró un coeficiente de correlación negativa entre el contenido proteico ($r=-0,800$) y el IG con un nivel de confianza del 95 %. Por su parte, se ha reportado que tanto la fibra como la grasa podrían tener un cierto papel protector durante la cocción, reduciendo el grado de gelatinización del almidón y por tanto limitando de nuevo la accesibilidad de las enzimas a los gránulos de almidón (Lu et al., 2018); de hecho, además del efecto ya comentado de la fibra, se ha encontrado un coeficiente de correlación positivo entre la cantidad de presencia de grasa (menor a medida que se aumenta la proporción de FF empleada) y el IG ($r=-0,846$) con un nivel de confianza del 95 %.

3.3. Propiedades mecánicas

Normalmente se acepta que la que la textura es el criterio principal para la evaluación de la calidad general de la pasta cocida. Los consumidores consideran pasta de buena calidad cuando ésta presenta un alto grado de firmeza y elasticidad, “al dente” (Edwards et al., 1993). En la Tabla 4 se muestran los valores medios obtenidos en el análisis de perfil de textura y el ensayo de corte.

TABLA 4. Valores medios (desviaciones estándar) de los parámetros mecánicos obtenidos en el análisis de perfil de textura para la pasta fresca, y en el ensayo de corte para la pasta antes y después de cocer.

	Antes de cocción					Antes de cocción	Después de cocción
	Dureza (N)	Adhesividad (N·s)	Capacidad de recuperación inmediata	Cohesividad	Elasticidad	Firmeza (N)	
0FF	172(14) ^a	-0,34(0,09) ^b	0,116(0,014) ^a	0,243(0,019) ^a	0,24(0,02) ^a	21(3) ^{a,A}	28(4) ^{ab,A}
2,5FF	215(30) ^b	-0,61(0,17) ^{ab}	0,14(0,02) ^{ab}	0,281(0,007) ^b	0,28(0,04) ^{ab}	25(3) ^{a,A}	25,3(1,2) ^{a,A}
5FF	267(7) ^c	-0,8(0,3) ^{ab}	0,154(0,012) ^{bc}	0,287(0,009) ^b	0,308(0,008) ^b	25(3) ^{a,A}	31,1(0,7) ^{b,B}
7,5FF	279(14) ^c	-1,1(0,7) ^a	0,15(0,02) ^{bc}	0,29(0,03) ^b	0,34(0,03) ^b	31,3(0,8) ^{b,B}	27(2) ^{ab,A}
10FF	313(10) ^d	-1,13(0,17) ^a	0,17(0,02) ^c	0,33(0,02) ^c	0,44(0,09) ^c	36,4(1,9) ^{c,B}	29(3) ^{ab,A}

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

En la misma fila, para la firmeza, valores con la misma letra mayúscula indican que no hay diferencias significativas entre ellos ($p>0,05$).

Los datos de TPA revelaron diferencias significativas ($p<0,05$) entre la muestra sin harina de fenogreco y aquellas con mayores porcentajes de sustitución en relación a la dureza, adhesividad, capacidad de recuperación inmediata (CRI), cohesividad y elasticidad. En cualquier caso parece existir una tendencia creciente de estos parámetros a medida que se incorpora una mayor cantidad de FF. La mayor cohesividad y elasticidad podrían ser una

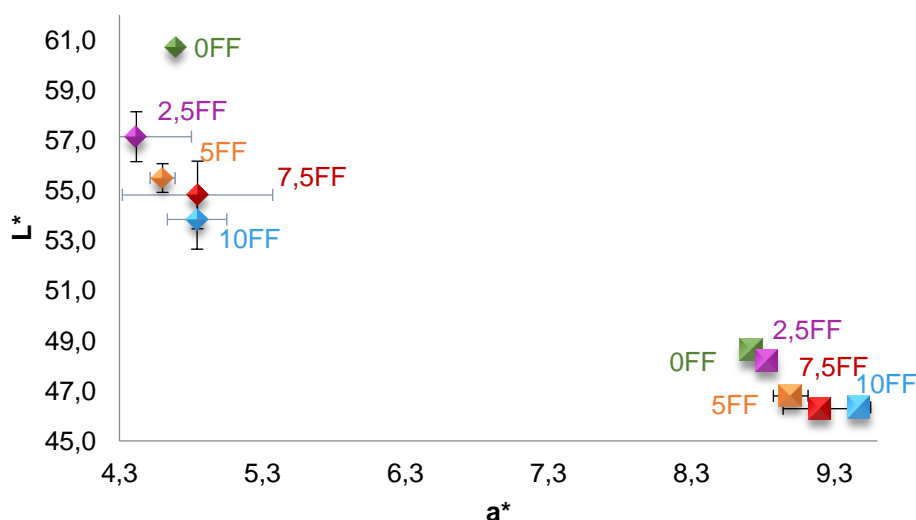
consecuencia de la mejor formación de la estructura de la masa como resultado del mayor contenido proteico de estas pastas (tal como se ha comentado previamente), así como de una cierta hidratación de la fibra soluble. La presencia de fibra no soluble y/o sin solubilizar tras el amasado, podría ser la responsable de la mayor dureza de la masa. Se han encontrado correlaciones positivas entre los parámetros de dureza, cohesividad, elasticidad, CRi y fuerza de corte con el contenido proteico ($r=0,994$; $0,926$; $0,934$; $0,957$; $0,894$, respectivamente) y el de fibra ($r=0,982$; $0,945$; $0,956$; $0,938$; $0,942$, respectivamente), al 95% de confianza.

En cuanto al ensayo de corte se pudieron observar resultados más claros en el caso de la pasta sin cocer que en la cocida. El incremento de FF dio lugar a mayores valores de firmeza. Este aumento en la firmeza también se contempló en otros estudios en los que se elaboró pasta con sustituciones de fenogreco (Jyotsna et al., 2011). De nuevo la mayor cantidad de fibra que tienen estas pastas podría explicar este resultado (Fiorda et al., 2013). Así mismo, se ha observado que los galactomananos del fenogreco son capaces de formar películas y ser agentes gelificantes, adhesivos y aglutinantes (Jyotsna et al., 2011). Por su parte, la cocción supuso una homogeneización de la firmeza de las muestras (no observándose una tendencia clara en este caso con el incremento de FF), posiblemente como consecuencia de los fenómenos de gelatinización del almidón y coagulación proteica que tienen lugar (Bruneel et al., 2010).

Estos resultados indican que las propiedades texturales mejoraron con la incorporación de harina de fenogreco.

3.4. Propiedades ópticas

En la Figura 2 se muestran los valores CIE $L^*a^*b^*$ para las muestras de pasta fresca sin cocer (\square) y cocida (\diamond).



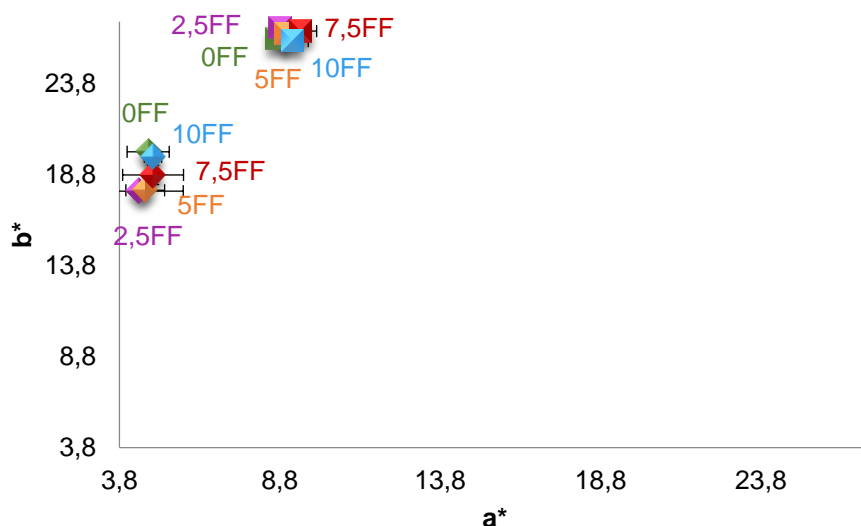


FIGURA 2. Diagramas cromáticos L^* - a^* y b^* - a^* en pasta fresca (□) y cocida (◇).

La pasta sin FF, a base de chufa y garbanzo, presenta tonalidades marrón oscuro características de la harina de chufa. En la pasta sin cocer, al ir aumentando los porcentajes de FF, los valores de a^* aumentaron, y la luminosidad (L^*) disminuyó, lo que se tradujo en una evolución hacia tonos ligeramente más rojos, al mismo tiempo que más opacos. Estos colores podrían ser atribuidos al contenido en carotenoides y otros pigmentos de la harina de fenogreco (Chauhan y Sharma, 2000). Este efecto en el descenso de la luminosidad con la cantidad de FF empleada fue más evidente en la pasta cocida como consecuencia de la hidratación. Por otro lado, el menor valor de b^* en las muestras cocidas podría ser explicado por la degradación y disolución de pigmentos en el agua de cocción (Bouasla et al., 2017). Resultados similares fueron reportados en pastas suplementadas con diferentes legumbres (Laleg et al., 2016).

En la Tabla 5 se muestra la diferencia de color entre las pastas frescas sin cocer y cocidas (ΔE^*_1), y las diferencias de color entre las formulaciones con FF y la formulación sin FF (ΔE^*_2). Por un lado, se pudo apreciar que la diferencia de color fue incrementando conforme aumentó la cantidad de FF en las formulaciones de pasta fresca sin cocer. Generalmente, se considera una diferencia visible entre las muestras para valores de ΔE mayores de 2 (Nowacka et al., 2018) por lo que estas diferencias de color fueron suficientemente altas para poder ser apreciadas.

Por otra parte, los resultados demostraron que a medida que se incrementó la cantidad de FF en las formulaciones, menor fue la diferencia de color observada (ΔE^*_1). Este hecho podría relacionarse con las menores pérdidas en la cocción que se encontraron para el caso de las pastas con mayores cantidades de FF (tal como se describe más adelante).

TABLA 5. Diferencia de color entre las muestras frescas y cocidas (ΔE^*_1), y diferencia de color entre la muestra sin fenogreco y el resto con los distintos porcentajes de sustitución (ΔE^*_2).

	ΔE^*_1	ΔE^*_2
0FF	14,86	-
2,5FF	14,42	4,19
5FF	13,98	5,64
7,5FF	13,57	6,04
10FF	11,78	6,89

3.5. Propiedades de cocción

En la Tabla 6 se reflejan los valores medios de los parámetros relativos a la cocción de las muestras de pasta ensayadas.

TABLA 6. Valores medios (desviación estándar) de los resultados obtenidos para el índice de absorción de agua (WAI), índice de hinchamiento (SI) y pérdidas en la cocción (CL).

	WAI (g/g)	SI	CL (%)
0FF	0,700(0,018) ^{ab}	0,33(0,02) ^a	7,3(0,5) ^a
2,5FF	0,71(0,05) ^{bc}	0,5090(0,1004) ^b	6,7(0,8) ^a
5FF	0,66(0,04) ^a	0,7(0,2) ^{bc}	6,252(0,109) ^a
7,5FF	0,74(0,03) ^{bc}	0,75(0,08) ^c	6,36(0,17) ^a
10FF	0,74(0,04) ^c	0,76(0,15) ^c	5,9 (0,6) ^a

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

El WAI proporcionó información sobre la capacidad de absorción de agua durante el proceso de cocción, mostrando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la muestra sin FF y aquella con el mayor porcentaje de esta legumbre, 10FF. Esta mayor absorción de agua en las muestras con altos porcentajes de FF podría ser explicado por la mayor cantidad de fibra presente que, por una parte, podría aumentar la capacidad para retener agua (Lu et al., 2018), y por otra interrumpiría la matriz proteica promoviendo la absorción de agua (Kaur et al., 2012). Parece sin embargo mucho más evidente el efecto que el incremento de FF tuvo en el índice de hinchamiento (SI). Se han encontrado correlaciones positivas entre este parámetro y el contenido proteico ($r=0,965$) y de fibra soluble, insoluble y total ($r=0,959$), así como negativa con el contenido graso ($r=-0,908$), con un nivel de confianza del 95%; por lo que no sólo la fibra estaría influyendo en la capacidad de absorción y retención de agua.

Las pérdidas en la cocción es una medida determinante de la calidad de las pastas alimenticias. Generalmente se considera que cuando éstas son menores del 10% se tiene pasta de buena calidad (Wójtowicz y Mościcki, 2014). Los valores de este parámetro estuvieron por debajo del 10%, y aunque el análisis de varianza (ANOVA) no presentó diferencias significativas, sí se pudo ver una tendencia en la que las pastas con mayores porcentajes de fenogreco presentaron menores pérdidas.

El análisis de estos parámetros reflejó que las muestras con mayor cantidad de FF desarrollaron mejor comportamiento en la cocción. Este hecho podría deberse, de nuevo, a la presencia de galactomananos en el fenogreco, capaces de formar películas y ser agentes gelificantes, adhesivos y aglutinantes (Jyotsna et al., 2011). Esta tendencia concuerda con los resultados obtenidos en las propiedades mecánicas, por lo que se podría decir que la adición de FF da lugar a pastas más duras, cohesivas y elásticas, y de esta forma menores pérdidas en la cocción.

3.6. Análisis sensorial

Se ha visto que la testa de la semilla de fenogreco aporta sabor amargo cuando se incorpora FF (Basch et al., 2003), por lo que el estudio sensorial de las pastas por parte de los consumidores es fundamental para conocer su aceptación. El análisis sensorial de todas las muestras de pasta sin gluten reveló que los cuarenta catadores apreciaron diferencias significativas a un nivel del 99% entre las muestras. Esto fue calculado estadísticamente a través de la Prueba de Friedman tal y como establece la UNE 8589:2010 (AENOR, 2010). Una vez demostrada las diferencias significativas, se pudo identificar los pares de muestras que diferían significativamente entre sí, utilizando un análogo de prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher. Con ello, se observó que la muestra 0FF difería significativamente de las muestras 5, 7,5 y 10FF, pero no de la 2,5FF. También se apreciaron diferencias significativas entre las muestras 2,5FF y 10FF. Sin embargo, el resto de muestras no presentaron diferencias significativas por lo que no se pudo establecer un orden claro del porcentaje empleado de esta harina.

Por otro lado, con la prueba de la escala de punto ideal (escala JAR) fue posible determinar si los atributos de la pasta sin gluten con menor índice glicémico, la muestra 10FF, estaban bien optimizados. Para analizar los datos se utilizó un análisis de penalización, un método que permitió ver si el hecho de que un atributo estuviese por encima o por debajo de su punto ideal estaba relacionado con la puntuación de la aceptación global (Fernández-Segovia et al., 2018). En la Figura 3 se muestra el mapa de preferencias de los atributos estudiados.

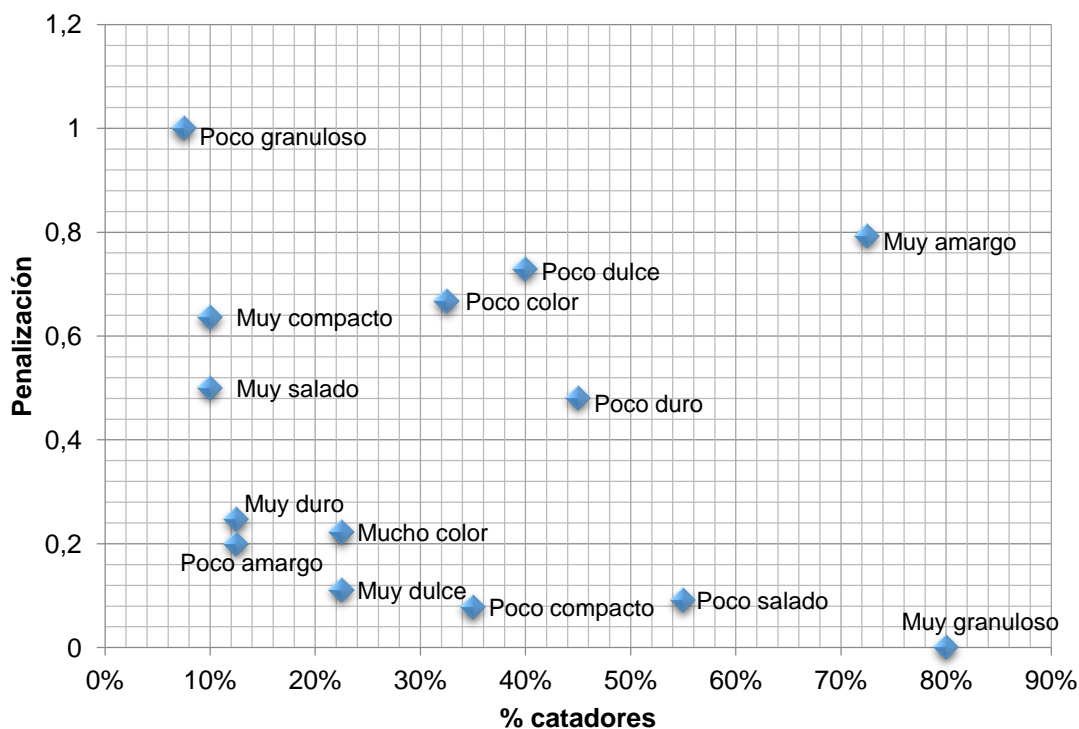


FIGURA 3. Gráfico de penalizaciones de los atributos estudiados en la escala de punto ideal.

La aceptación global del producto fue de 3,4 sobre 7, por tanto se pudo comprobar que el producto no gustó y los atributos no estaban correctamente optimizados. Partiendo de la base de que la aceptación global era baja, no se encontraron penalizaciones muy altas, por lo que la evaluación se hizo según el porcentaje de catadores. En este sentido, se observó que los atributos que necesitarían mejora, bajando su intensidad, serían el amargor y la granulosidad. Jyotsna et al. (2011) también pudieron observar que la pasta con un porcentaje de sustitución del 10% obtuvo puntuaciones bajas por su sabor amargo persistente.

4. CONCLUSIONES

El empleo de la harina de garbanzo, chufa y fenogreco permitió desarrollar pastas sin gluten. La incorporación de la harina de fenogreco en las formulaciones supuso una mejora del perfil nutricional, obteniéndose pastas con mayor contenido en proteína y dando lugar a un equilibrado aporte de fibra soluble e insoluble, aunando los beneficios que cada tipo de fibra aporta a la salud. El análisis del índice glicémico reveló que las formulaciones con mayores porcentajes de FF presentaron menor respuesta glicémica, causado probablemente por el alto contenido en fibra (especialmente soluble) y por otra parte, debido a la ralentización de la digestión enzimática como consecuencia de una red estructural más densa (mayor contenido proteico). Estas pastas, fueron además significativamente más firmes, duras, cohesivas y elásticas, suponiendo una mejora en la textura. Este hecho concordó con los resultados obtenidos en las propiedades de cocción, al tener una mejor estructura de la

pasta se produjeron menores pérdidas durante la cocción, así como mayores índices de absorción de agua y de hinchamiento, lo que supuso una mejor calidad de producto. Por otro lado, la incorporación de FF en las pastas derivó en colores más rojizos por la pigmentación de esta harina. El análisis sensorial demostró que la intensidad en el atributo de amargor aportado por la FF fue detectada en todos los casos, siendo especialmente intenso a partir del 5 % de sustitución. Desde el punto de vista nutricional, respuesta glicémica y comportamiento en la cocción, se han obtenido resultados muy prometedores, ampliando la oferta de productos disponibles a un sector de población específico (celíacos y/o diabéticos). Como punto de mejora, se recomienda reducir la sensación de amargor en boca para lograr una mayor aceptación sensorial.

5. REFERENCIAS

- AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, (10th edn). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.
- AACC. 2005. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, (10th edn). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.
- AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. 1995. Norma UNE 87-023. Análisis sensorial. Ensayo de clasificación por ordenación. Ed. AENOR, Madrid, España.
- AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. 2006. Norma UNE ISO 4121:2006. Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas (ISO 4121:2003). Ed. AENOR, Madrid, España.
- AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. 2010. Norma UNE ISO 8589:2010. Análisis sensorial. Guía general para el diseño de una sala de cata (ISO 8589:2007). Ed. AENOR, Madrid, España.
- Aguiar, N.; Albanell, E.; Miñarro, B.; Capellas, M. 2015. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT-Food science and Technology*, **62(1)**:225-232.
- Albors, A.; Raigon, M. D.; García-Martínez, M. D.; Martín-Esparza, M. E. 2016. Assessment of techno-functional and sensory attributes of tiger nut fresh egg tagliatelle. *LWT-Food Science and Technology*, **74**:183-190.
- Basch, E.; Ulbricht, C.; Kuo, G.; Szapary, P.; Smith, M. 2003. Therapeutic applications of Fenugreek.(Fenugreek). *Alternative Medicine Review*, **8(1)**:20-28.
- Berti, C.; Riso, P.; Monti, L. D.; Porrini, M. 2004. In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts. *European Journal of Nutrition*, **43(4)**:198-204.
- Bouasla, A.; Wójtowicz, A.; Zidoune, M. N. 2017. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. *LWT-Food Science and Technology*, **75**:569-577.
- Brennan, C. S.; Tudorica, C. M. 2008. Evaluation of potential mechanisms by which dietary fibre additions reduce the predicted glycaemic index of fresh pastas. *International journal of food science & technology*, **43(12)**:2151-2162.
- Bruneel, C.; Pareyt, B.; Brijs, K.; Delcour, J. A. 2010. The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products. *Food Chemistry*, **120(2)**:371-378
- Capriles, V. D.; dos Santos, F. G.; Arêas, J. A. G. 2016. Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, **67**:83-91.
- Chauhan, G. S.; Sharma, H. R. 2000. Physico-chemical and rheological quality characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) supplemented wheat flour. *Journal of Food Science and Technology*, **37(1)**:87-90.
- Edwards, N. M.; Izydorczyk, M. S.; Dexter, J. E.; Biliaderis, C. G. 1993. Cooked pasta texture: comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness. *Cereal Chemistry*, **70**:122-122.

- Englyst, K. N.; Vinoy, S.; Englyst, H. N.; Lang, V. 2003. Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. *British Journal of Nutrition*, **89(3)**:329-339.
- 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. Artículo Docente. Universitat Politècnica de Valencia
- Feyzi, S.; Varidi, M.; Zare, F.; Varidi, M. J. 2015. Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) seed protein isolate: extraction optimization, amino acid composition, thermo and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **95(15)**:3165-3176.
- Fiorda, F. A.; Soares Jr, M. S.; da Silva, F. A.; Grosmann, M. V.; Souto, L. R. 2013. Microstructure, texture and colour of gluten-free pasta made with amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse. *LWT-Food Science and Technology*, **54(1)**:132-138.
- Foschia, M.; Peressini, D.; Sensidoni, A.; Brennan, C. S. 2013. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*, **58(2)**:216-227.
- Giuberti, G.; Gallo, A.; Cerioli, C.; Fortunati, P.; Masoero, F. 2015. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. *Food Chemistry*, **175**:43-49.
- Giuberti, G.; Gallo, A.; Cerioli, C.; Masoero, F. 2012. In vitro starch digestion and predicted glycemic index of cereal grains commonly utilized in pig nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, **174(3-4)**:163-173.
- Hager, A. S.; Czerny, M.; Bez, J.; Zannini, E.; Arendt, E. K. 2013. Starch properties, in vitro digestibility and sensory evaluation of fresh egg pasta produced from oat, teff and wheat flour. *Journal of Cereal Science*, **58(1)**:156-163.
- Hager, A. S.; Wolter, A.; Czerny, M.; Bez, J.; Zannini, E.; Arendt, E. K.; Czerny, M. 2012. Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *European Food Research and Technology*, **235(2)**:333-344.
- Hooda, S.; Jood, S. 2005. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour. *Food Chemistry*, **90(3)**:427-435.
- Jenkins, A. L.; Jenkins, D. J. A.; Zdravkovic, U.; Würsch, P.; Vuksan, V. 2002. Depression of the glycemic index by high levels of β -glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *European journal of clinical nutrition*, **56(7)**:622.
- Jenkins, D. J.; Kendall, C. W.; Augustin, L. S.; Mitchell, S.; Sahye-Pudaruth, S.; Mejia, S. B.; ... Vidgen, E. 2012. Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial. *Archives of internal medicine*, **172(21)**:1653-1660.
- Jonsson, L.; Hallstrom, I.; Lindqvist, A. 2010. A multi-disciplinary education process related to the discharging of children when the child has been diagnosed with type 1 diabetes – a qualitative study. *BMC Pediatrics*, **10(36)**:1-10.
- Jyotsna, R.; Indrani, D.; Sai Manohar, R.; Venkateswara Rao, G. 2011. Effect of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) on the textural characteristics and microstructure of vermicelli from triticum durum wheat semolina. *Journal of Food Processing and Preservation*, **35(3)**:320-326.
- Kaur, G.; Sharma, S.; Nagi, H. P. S.; Dar, B. N. 2012. Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans. *Journal of food science and technology*, **49(4)**:467-474.
- Laleg, K.; Cassan, D.; Barron, C.; Prabhasankar, P.; Micard, V. 2016. Structural, culinary, nutritional and anti-nutritional properties of high protein, gluten free, 100% legume pasta. *PLoS one*, **11(9)**:1-19.
- Lalegani, S.; Gavligli, H. A.; Azizi, M. H.; Sarteshnizi, R. A. 2018. Inhibitory activity of phenolic-rich pistachio green hull extract-enriched pasta on key type 2 diabetes relevant enzymes and glycemic index. *Food Research International*, **105**:94-101.
- Lamacchia, C.; Camarca, A.; Picascia, S.; Di Luccia, A.; Ginafrani, C. 2014. Cereal based gluten-free food: How to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. *Nutrients*, **6**:575-590.
- Lee, A. R.; Ng, D. L.; Dave, E.; Ciaccio, E. J.; Green, P. H. R. 2009. The effect of substituting alternative grains in the diet on the nutritional profile of the gluten-free diet. *Journal of human nutrition and dietetics*, **22(4)**:359-363.
- Losso, J. N.; Holliday, D. L.; Finley, J. W.; Martin, R. J.; Rood, J. C.; Yu, Y.; Greenway, F. L. 2009. Fenugreek bread: a treatment for diabetes mellitus. *Journal of medicinal food*, **12(5)**:1046-1049.

- Lu, X.; Brennan, M. A.; Serventi, L.; Liu, J.; Guan, W.; Brennan, C. S. 2018. Addition of mushroom powder to pasta enhances the antioxidant content and modulates the predictive glycaemic response of pasta. *Food chemistry*, **264**:199-209.
- Martín-Esparza, M. E.; Raigón, M. D.; Raga, A.; Albors, A. 2018. Functional, Thermal and Rheological Properties of High Fibre Fresh Pasta: Effect of Tiger Nut Flour and Xanthan Gum Addition. *Food and Bioprocess Technology*, **11(12)**:2131-2141.
- Martín-Esparza, M. E.; Bressi, G. B.; Raga, A.; Albors, A. 2018. Technological and nutritional aspects of gluten-free pasta based on chickpea flour and tiger nut flour. *IDS'2018- 21st International Drying Symposium*, 1021-1028.
- Meijer-Boekel, C. R.; Shamir, R.; Szajewska, H.; Mearin, M. 2018. Celiac Disease Prevention. *Frontiers in Pediatrics*, **6**:368.
- Miranda, J.; Lasa, A.; Bustamante, M. A.; Churruga, I.; Simon, E. 2014. Nutritional differences between a gluten-free diet and a diet containing equivalent products with gluten. *Plant foods for human nutrition*, **69(2)**:182-187.
- Mudgil, D.; Barak, S. 2013. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. *International journal of biological macromolecules*, **61**:1-6.
- Neelakantan, N.; Narayanan, M.; de Souza, R. J.; van Dam, R. M. 2014. Effect of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) intake on glycemia: a meta-analysis of clinical trials. *Nutrition journal*, **13(1)**:7.
- Nowacka, M.; Tylewicz, U.; Tappi, S.; Siroli, L.; Lanciotti, R.; Romani, S.; Witrowa-Rajchert, D. 2018. Ultrasound assisted osmotic dehydration of organic cranberries (*Vaccinium oxycoccus*): Study on quality parameters evolution during storage. *Food Control*, **93**:40-47.
- O'Shea, N.; Arendt, E.; Gallagher, E. 2014. State of the art of gluten-free research. *Journal of Food Science*, **79**:1067-1076.
- Rajarajeswari, A.; Vijayalakshmi, P.; Sadiq, A. M. 2012. Influence of *Trigonella foenum graecum* (fenugreek) in alloxan induced diabetic rats. *The Bioscan*, **7**:395-400.
- Reglamento (CE) 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. DOUE L 404, 2006, 82775 p. 9-25.
- Roberts, K. T.; Cui, S. W.; Wu, Y.; Williams, S. A.; Wang, C.; Graham, T. 2014. Physicochemical evaluation of fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum and effects on starch degradation in bread. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, **4(2)**:176-183.
- Sęczyk, Ł.; Świeca, M.; Gawlik-Dziki, U. 2016. Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food chemistry*, **194**:637-642.
- Shirani, G.; Ganesharane, R. 2009. Extruded products with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) chickpea and rice: Physical properties, sensory acceptability and glycaemic index. *Journal of food engineering*, **90(1)**:44-52.
- Shirani, G.; Ganesharane, R. 2009. Extruded products with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) chickpea and rice: Physical properties, sensory acceptability and glycaemic index. *Journal of food engineering*, **90(1)**:44-52.
- Sreerama, Y. N.; Sashikala, V. B.; Pratapa, V. M.; Singh, V. 2012. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. *Food Chemistry*, **131(2)**:462-468.
- Tudorica, C. M.; Kuri, V.; Brennan, C. S. 2002. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of agricultural and food chemistry*, **50(2)**:347-356.
- Wani, S. A.; Kumar, P. 2018. Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **17(2)**:97-106.
- Wójtowicz, A.; Mościcki, L. 2014. Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta. *LWT-Food Science and Technology*, **59(2)**:1175-1185.
- Wolever, T. M.; Jenkins, D. J.; Jenkins, A. L.; Josse, R. G. 1991. The glycemic index: methodology and clinical implications. *The American journal of clinical nutrition*, **54(5)**:846-854.
- World Health Organization. 2016. Global Report on Diabetes 2016. ISBN 978 92 4 156525 7.