

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, NUTRICIONALES Y SENSORIALES DE PASTA SECA A BASE DE HARINA DE CHUFA

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN
DE LA SEGURIDAD Y LA CALIDAD ALIMENTARIA

ALUMNO/A: ROSA MARÍA HERNÁNDEZ SOLOMANDO

TUTOR/A ACADEMICO: M^a EUGENIA MARTÍN ESPARZA

COTUTOR/A: ANA ALBORS SOROLLA

Curso Académico: 2015-2016

VALENCIA, 13 DE SEPTIEMBRE 2016

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, NUTRICIONALES Y SENSORIALES DE PASTA SECA A BASE DE HARINA DE CHUFA

R.Hernández, M.E Martín-Esparza¹, A. Albors¹

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de harina de chufa -CH- (rica en fibra insoluble, minerales y lípidos con un perfil de ácidos grasos saludable) y goma xantana -X- (como mejorante), en las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de pasta seca al huevo (pappardelle). La sémola de trigo duro -T- ha sido sustituida parcialmente (20 y el 40% (p/p)) con CH y 1% (p/p) con X. Las pappardelle resultantes han sido comparadas con la pasta tradicional (100% sémola de trigo duro). Con la sustitución del 40% con CH se obtiene una pasta con más un 3% de contenido en fibra. En este estudio se evaluaron las propiedades durante la cocción, las propiedades mecánicas, los atributos de color y el análisis sensorial de las pappardelle obtenidas. Además también se obtuvo el valor aproximado de la composición química y las propiedades funcionales de las harinas (T y CH). La incorporación de chufa ha dado lugar a pastas con un mayor índice de absorción de agua y con mayores pérdidas durante la cocción, sin embargo la adición de la goma xantana ha mejorado las propiedades, dando lugar a pappardelle de harina de chufa con una firmeza y una elasticidad similares a las muestras control. A mayor sustitución con harina de chufa, mayor oscurecimiento de las muestras. Las formulaciones con CH e incorporación de X presentadas a los catadores obtuvieron valores altos en los atributos de intensidad de color y sabor a integral para la muestra con el 40% de sustitución. Todas las muestras fueron bien aceptadas por los catadores.

Palabras clave: Pasta seca, chufa, textura, color, propiedades durante la cocción, Capacidad de Retención de Agua, atributos sensoriales.

RESUM

Aquest treball té com a objectiu avaluar l'efecte de la incorporació de farina de xufa -CH- (rica en fibra insoluble, minerals i lípids amb un perfil d'àcids grassos saludable) i goma xantana -X- (com a millorant), en les propietats fisicoquímiques, nutricionals i sensorials en pappardelle seca de sèmola de blat dur d'ou. La sèmola de blat dur -T- ha estat substituïda parcialment (20 i el 40% (p / p)) amb CH i 1% (p / p) amb X. Les pappardelle resultants han estat comparades amb la pasta comercial tradicional (100 % sèmola de blat dur). Amb la substitució del 40% amb CH s'obté una pasta

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

amb més d'un 3% de contingut en fibra. En aquest estudi es van avaluar les propietats durant la cocció, les propietats mecàniques, els atributs de color i l'anàlisi sensorial de les pappardelle obtingudes. A més també es va obtenir el valor aproximat de la composició química i les propietats funcionals de les farines (T i CH). La incorporació de xufa ha donat lloc a pastes amb un major índex d'absorció d'aigua i amb majors pèrdues durant la cocció però l'addició de la goma xantana a millorat les propietats, donant lloc a pappardelle de xufa amb una fermesa i una elasticitat similars a les mostres control. A més substitució amb farina de xufa, major enfosquiment de les mostres. Les formulacions amb CH i incorporació de X presentades als tastadors van obtenir valors alts en els atributs d'intensitat de color i sabor a integral, per a la mostra amb el 40% de substitució. Totes les mostres van ser ben acceptades pels tastadors.

Paraules clau: Pasta seca, xufa, textura, color, propietats durant la cocció, Capacitat de Retenció d' Aigua, atributs sensorials.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the effect of the tiger nut flour -CH- (rich in insoluble fiber, minerals and lipids of healthy fatty acids profile) incorporation and xanthan gum -X- (as improver) on the physicochemical, nutritional and sensory properties of dry egg pappardelle. Durum wheat semolina -T- was replaced by (20 and 40% (w / w)) of CH and 1% (w / w) with X. The resultant tiger nut pappardelle were compared to the traditional pasta (100 % durum wheat semolina). The 40% substitution level assures a pappardelle with more than 3% of fiber content. The cooking properties, texture, color attributes and sensory profile of pappardelle were evaluated. Besides the approximate value of the chemical composition and the functional properties of flour (T and CH) it was also obtained. Higher cooking loss and water absorption ratios associated with higher substitution levels of CH resulted in a darker product. However, the addition of xanthan improves firmness, cohesive structure and elasticity, similar to the control samples. Formulations with CH and incorporation of X presented to the tasters scored high values in the attributes of color intensity and flavor integral for the sample with 40% substitution. All samples were well accepted by the tasters.

Keywords: Dry pasta, tiger nut, texture, color, sensory attributes, Water Holding Capacity, cooking properties.

1. INTRODUCCIÓN

Las pastas alimenticias son productos frescos o secos obtenidos de una masa no fermentada elaborada con sémolas o harinas procedentes de trigo durum, trigo semiduro, trigo blando o sus mezclas y agua potable (Gil, 2010). La pasta es un alimento socorrido a la par que delicioso que está presente en la dieta diaria (sobre todo en zonas mediterráneas) debido a su fácil preparación, su larga vida útil y a sus apreciadas características sensoriales. (Foschia et al., 2013; Mastromatteo et al., 2012).

Durante las últimas décadas, el aumento de la demanda de pasta enriquecida ha dado lugar a la adición de ingredientes para sustituir parcialmente la sémola de trigo duro. Esto ha incluido a las harinas de leguminosas (Fares y Menga, 2012), la harina de cebada (Verardo et al., 2011) o incluso el orégano o las hojas de zanahoria (Boroski et al., 2011).

La chufa (*Cyperus esculentus* L.) es un cultivo importante en España (Ukwuru et al., 2011). Se utiliza principalmente para la elaboración de horchata de chufa, una leche vegetal muy apreciada por los valencianos y de alto consumo en verano. En otros países, la chufa apenas es utilizada a pesar de ser rica en fibra, carbohidratos, lípidos (con un perfil de ácidos grasos similares al aceite de oliva), minerales (K, P, Ca) y vitamina E y C (Sánchez-Zapata et al., 2012).

El contenido en fibra de la harina de chufa es bastante alto, está en el orden del 8-15g/100 (Alegría-Torán y Farré-Rovira, 2003), por lo que adicionándola a un producto puede aumentar su valor nutricional enriqueciéndolo en fibra, lo cual es muy interesante teniendo en cuenta que la fibra dietética es un componente esencial de una dieta saludable y que la comunidad científica ha establecido que mantiene una relación positiva con la salud humana (Kaczmarczyk et al., 2012). La Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC, 2001) define la fibra dietética como la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. Los beneficios asociados con su adecuado consumo incluyen la regulación del tránsito intestinal, la prevención o el tratamiento de la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer de colon (Kaczmarczyk et al., 2012 and Kendall et al., 2010) y la obesidad (Buttriss y Stokes, 2008). Hoy en día es un hecho que la ingesta de fibra diaria es menor de la recomendada (25 g/día). Por tanto, su incorporación en la pasta (que es un alimento consumido con una cierta frecuencia) puede ayudar a subsanar este déficit y proporcionar beneficios saludables para la salud (Aravind et al., 2012^a ; Yokoyama et al., 1997).

La sémola de trigo duro es la materia prima ideal para la fabricación de pasta (Hoseney, 1991) por dar lugar a pastas de mejor calidad, de masa cohesiva y elástica, con mínimas pérdidas durante la cocción, sin presentar adherencia, y con una firmeza característica después de la cocción. Desde el punto de vista tecnológico, es todo un reto la sustitución de la sémola de trigo duro por otras harinas sin gluten y que las pastas obtenidas mantengan una calidad similar a la pasta comercial.

El gluten es la clave de la estructura formada, y es responsable de las propiedades viscoelásticas de la masa y de sus óptimas características durante el mezclado y la extrusión (Mariotti et al., 2011). El empleo de hidrocoloides puede mejorar el comportamiento durante la cocción y dar lugar a pastas con buenas características organolépticas.

Este trabajo ha tenido como objetivo estudiar el efecto de la sustitución de la sémola de trigo duro con harina de chufa, con dos niveles de sustitución (20 y 40%, base sémola), en las propiedades tecnofuncionales y sensoriales de pasta al huevo seca, de tipo pappardelle. Se han evaluado las propiedades durante la cocción (índice de absorción de agua, índice de hinchamiento y pérdidas durante la cocción), así como las propiedades mecánicas (firmeza, cohesividad y elasticidad), color y el análisis sensorial. Además evaluó el efecto de la incorporación de la goma xantana, como mejorante en la calidad de estas pastas, por su capacidad de atrapar el agua y por tanto de simular el efecto de la red proteica. Este estudio tiene como fin obtener pappardelle seca de calidad aceptable, con un contenido de fibra superior al 3% y poder ser catalogado como un producto de "fuente de fibra".

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materias primas y caracterización

La sémola de trigo duro (T) fue adquirida en Harinas Villamayor, S.A, Huesca, España. La harina de chufa (CH) en Tigernuts Traders S.L., Valencia, España. Los huevos frescos se compraron en un supermercado de la zona al igual que el agua embotellada. La goma xantana (E-415) se adquirió en la empresa EPSA S.A. (Torrente, Valencia).

2.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Las harinas fueron caracterizadas según contenido en humedad, proteínas, grasas y cenizas utilizando el método establecido por la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC, 2001). La fibra total y la fibra soluble e insoluble se determinaron con un kit enzimático K-TDFR (Megazyme Ltd., Irlanda). Los carbohidratos digeribles por diferencia (100-porcentaje estimado de la composición química).

2.1.2 PROPIEDADES FUNCIONALES

Las propiedades funcionales de la sémola de trigo duro y de las mezclas con sustitución parcial por harina de chufa (20 y 40%), fueron determinadas tal y como se explica a continuación. La capacidad de retención de solvente (SRC) se determinó de acuerdo al método AACC (Paul y Minn, 2005). Los solventes utilizados fueron sacarosa (50% w/v), bicarbonato sódico (5% w/v) y ácido láctico (5% v/v). La capacidad de retención de agua (WHC) se determinó utilizando los métodos modificados

de Heywood et al., 2002 y Lin y Zayas (1987). Por último, la capacidad de absorción de grasa (FAC) se determinó según el método de Ahn et al., 2005.

2.2 Diseño experimental

Se sustituyó en dos niveles (20 y 40%) la sémola de trigo duro (T) por harina de chufa (CH) y con un nivel (1%) con goma xantana (X), en pasta al huevo seca tipo pappardelle con el fin de evaluar la calidad de la pasta obtenida. Para ello se evaluaron los cambios en las características tanto en seca como en cocida (humedad, actividad de agua, textura y color), en las propiedades de cocción ((Índice de absorción de agua (WAI), Índice de hinchamiento (SI) y pérdidas durante la cocción (% CL)) y el análisis sensorial. El diseño experimental consta de 6 formulaciones (tabla 1), utilizando la formulación T como control, siendo ésta la similar a la pasta tradicional.

TABLA 1. Diseño experimental con las formulaciones ensayadas (% en peso).

	Nivel de sustitución (%T)	
	(CH)	(X)
T	-	-
T:X	-	1
T:20CH	20	-
T:20CH:X	20	1
T:40CH	40	-
T:40CH:X	40	1

CH: Harina de chufa, X: goma xantana, T: Sémola de trigo duro.

2.3 Preparación de la pasta

Se prepararon 6 formulaciones diferentes (tabla 1), la formulación (T) o fórmula control, y se obtuvo mezclando sémola de trigo duro en una proporción (72% p/p), huevo (13% p/p) y agua mineral (15% p/p). Para el resto de formulaciones se sustituyó la sémola de trigo duro parcialmente con harina de chufa (20 y 40% de sustitución). Además se evaluó el efecto de la goma xantana como mejorante de la calidad de la pasta y para ello todas las formulaciones se elaboran con y sin sustitución del 1%. Para elaborar las masas se utilizó un robot de cocina (Thermomix TM-31, VorwerkSpain M.S.L.,S.C., Madrid) donde primero se pesaron y mezclaron los ingredientes líquidos a una velocidad baja (set 2) durante 15 segundos. A continuación se mezclaron los secos; (T), (CH) o (X) según procedía para el tipo de formulación, y a una velocidad media (set 4) durante 45 segundos. En el transcurso de estos segundos se incorporaron los líquidos lentamente (para facilitar su mezclado). La masa obtenida se amasó en el mismo robot de cocina en la función espiga (la cual simula un amasado tradicional), durante 10 minutos dejando 5 minutos de reposo a mitad del tiempo. Una vez concluido el amasado, se formó una bola y se colocó en una bolsa de plástico, la cual se introdujo en un recipiente que no dejaba pasar la luz y se mantuvo a 4 °C en reposo durante 20 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se laminaron con la ayuda de un equipo para elaboración de pasta

(Simplx SP150, Imperia, Italia) acoplado a un motor (A2500, Imperia Italy). Una vez laminadas se cortaron en el mismo equipo obteniendo pappardelle con unas dimensiones de 4,1 cm de ancho y 7 cm de largo.

A continuación se procedió al secado de la pasta, en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa. El secado se llevó a escala piloto en un horno de convección de aire (Mod. SCC 62, Rationel, Alemania) a una temperatura de 55 °C y con una humedad relativa del 50% durante 1h y 30 minutos, tras un breve periodo de enfriamiento a temperatura ambiente, tiempo necesario para que la pasta alcanzase una humedad del 10-12% (similar a la pasta seca comercial). Una vez obtenida la pappardelle seca se envasó en bolsas a vacío y se almacenó a temperatura ambiente hasta su utilización.

2.4 Cocción de la pasta

La pasta seca (pappardelle) se coció en agua desionizada en una proporción (300ml/25g). Para determinar el tiempo óptimo de cocción se llevó a cabo el método (66-50, AACC 2000), el cual consiste en medir el tiempo que tarda en desaparecer un círculo blanco en el centro de la pappardelle mientras se aprieta entre dos placas de cristal (gelatinización completa del almidón). Se midió durante 12 minutos cada 30 segundos, por triplicado, para la formulación control (T).

Las diferentes formulaciones de pappardelle se hirvieron en las mismas condiciones que el método anterior y con el tiempo óptimo de cocción obtenido. Para evitar la evaporación del agua de cocción y mantener el 90% del volumen inicial, se adicionaba agua según fuese necesario. Transcurridos 10 minutos (tiempo óptimo de cocción), las pappardelle se colocaron en el escurridor a la vez que se les echaba 50 ml de agua desionizada fría para parar el proceso de gelatinización. A continuación se escurrieron en papel absorbente para retirar el exceso de agua y se procedió a su análisis.

2.5 Análisis de la pasta seca y cocida

La humedad tanto en la pappardelle seca como en la cocida fue determinada según el método gravimétrico AACC 44-40 (AACC, 2000), evaluando la pérdida de peso de unos 5 g de pasta colocados en estufa a 130 °C±1 °C hasta alcanzar peso constante. Se realizó por triplicado para cada muestra.

Para medir la actividad de agua (a_w) de la pasta seca y cocida se utilizó el equipo AquaLab Series 4TEV.

2.5.1 PROPIEDADES DURANTE LA COCCIÓN

Índice de absorción de agua

El WAI (g/g) se calculó relacionando el incremento de peso antes y después de la cocción con la pasta seca. Para ello las muestras se pesaron antes de la cocción (m_0) y una vez cocidas y retirado el exceso de agua (m_c). El contenido en agua (x_w , g agua/ g producto) se determinó con el método AACC 44-40 (AACC, 2000).

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

Pérdidas durante la cocción

Las pérdidas durante la cocción (cantidad de sólidos perdidos en el agua de cocción) se determinaron con el método 16-50 (AACC, 2000). Para ello se cocieron según el método del apartado 2.4, recogiendo el agua de cocción junto con el agua de enfriamiento en un recipiente de aluminio, colocándose a 100 °C en el horno para evaporar toda el agua hasta peso constante. De esta forma se obtuvo el peso del residuo (m_r). Con estos datos se calculó el porcentaje de pérdidas durante la cocción. Este ensayo se realizó por triplicado.

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

Índice de hinchamiento

El Índice de Hinchamiento (SI) se expresa como el cambio de volumen entre las muestras de pasta seca y pasta cocida. Para determinar el SI se calcularon las dimensiones (espesor, anchura y longitud) de la pappardelle con un pie de rey (PCE- DCP 200N, PCE Ibérica S.L., Albacete, España). Con estas medidas se calculó el volumen de las pappardelle seca (V_0) y cocida (V_c). El SI se determinó según:

$$SI = \frac{(V_c \cdot V_0)}{V_0} \quad (4)$$

2.5.2 PROPIEDADES MECÁNICAS: ENSAYO DE CORTE

Se realizó un ensayo de corte tanto en las pappardelle secas como cocidas usando un Texturómetro TAXT2 (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, uk) acoplado a un PC con adquisición de datos y el software Texture Exponent Version 6.1.7 (StableMicroSystems). El ensayo fue realizado según la modificación del método AACC 16-50 (AACC, 2000) (Gallegos-Infante et al., 2010) empleando una sonda Blade Set with Warner Bratzler (código HDP/BSW) a una velocidad de 0,17 mm/s y hasta su ruptura, este ensayo se realizó por quintuplicado. Los parámetros evaluados fueron la

fuerza máxima de corte (F), que da una medida de la firmeza de la pasta, la pendiente inicial de la curva fuerza-distancia (S_i), proporcionando una aproximación de la elasticidad de las pappardelle, y el área total (A) englobada debajo de la curva fuerza-distancia, y nos proporciona información sobre la consistencia de la pasta.

2.5.3 ANÁLISIS DE COLOR

El color de las pappardelle se midió con el espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM-3600d, Tokio, Japón (entre 400 y 700 nm (Iluminador D65, 10 ° observador estándar), 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). Las mediciones se realizaron por quintuplicado. Además, se calculó la diferencia total de color (ΔE^*) (Francis y Clydesdale 1975):

$$\Delta E = [(L^*_{CH} - L^*_{T})^2 + (a^*_{CH} - a^*_{T})^2 + (b^*_{CH} - b^*_{T})^2]^{1/2} \quad (5)$$

2.5.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Las muestras de pappardelle seleccionadas para el análisis sensorial fueron las que contenían goma de xantana (T:20CH:X y T:40CH:X). La cata fue llevada a cabo en el laboratorio sensorial de cabinas individuales (ISO 8589, 1988) por 40 consumidores (catadores no entrenados). A cada uno se le entregó las dos formulaciones de pappardelle cocidas a la vez, codificadas con un número de tres dígitos cada una. Los catadores valoraron la intensidad de color, aceptación del color, homogeneidad de la pasta, suavidad, aceptación del aspecto, parámetros de textura en boca (dureza, elasticidad y pegajosidad), aceptación de esa textura, sabor a integral, y aceptación del sabor. Para ello se utilizó una escala hedónica de 5 puntos (UNE-87025:1996), siendo 1 (baja intensidad del atributo) y 5 (alta intensidad del atributo).

2.5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95% y el test LSD para las comparaciones. Los datos fueron analizados mediante el Software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.17 (StatPoint Technologies, Inc., 2011).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de las materias primas

3.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Las harinas fueron caracterizadas según los métodos indicados en el apartado 2.1.1, en la tabla 2 están reflejados los valores de la composición química de la sémola de trigo duro y la harina de chufa. Tal y como se esperaba, el contenido en fibra y grasa de la harina de chufa es bastante superior al de la sémola de trigo duro, mientras que la cantidad de proteínas es notablemente inferior. Por otro lado, la cantidad de carbohidratos digeribles es menor en la harina de chufa. La composición química de las materias primas afecta a las formulaciones obtenidas de forma que la sustitución con CH, dará lugar a pastas ricas en propiedades nutricionales y funcionales distintas tales como, un mayor contenido en fibra y grasa, pero cantidad inferior de proteínas (especialmente proteínas del gluten) y carbohidratos digeribles. Resultados similares han sido reportados por (Gullet al., 2015) para T y (Aguilar et al., 2014) para CH.

La calidad de la pasta y las propiedades durante la cocción dependen de la matriz desarrollada de proteínas-almidón (Brennan y Tudorica, 2007). Algunas de las características de la pasta, como la firmeza, las pérdidas durante la cocción o la pegajosidad, están asociadas con el contenido en proteínas, la dureza del gluten o la composición del almidón.

TABLA 2. Composición química de la sémola de trigo duro (T) y de la harina de chufa (CH) (g/100g). Medias de tres repeticiones (desviación estándar).

	T	CH
Humedad	13,67 (0,03)	8,83 (0,05)
Proteínas	13,18 (0,7)	4,95 (0,07)
Grasas	0,9 (0,05)	25,07 (0,02)
Carbohidratos digeribles^a	60,54 (0,02)	43,25 (0,03)
Fibra		
-Soluble	4,75 (0,02)	2,10 (0,03)
-Insoluble	5,25 (0,02)	13,74 (0,03)
-Total	10 (0,02)	15,85 (0,03)
Cenizas	1,71 (0,07)	2,05 (0,04)

^aCarbohidratos digeribles calculados por diferencia.

3.1.2 Propiedades funcionales

En la tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos tras analizar las propiedades funcionales de la sémola de trigo duro y de las mezclas de sémola de trigo con harina de chufa. La capacidad de absorción de agua informa de la habilidad de las proteínas para absorber y retener agua ligada hidrodinámica, capilar y físicamente atrapada contra la gravedad.

TABLA 3. Propiedades funcionales de la sémola de trigo duro (T) y de las mezclas con 20 y 40% de sustitución con harina de chufa (CH).

Muestra	SCR ^S (%)	SCR ^B (%)	SCR ^{AL} (%)	WHC (g/g)	FAC (g/g)
T	93 (10) ^a	64,02 (0,98) ^c	108 (4) ^a	0,925 (0,007) ^c	1,8 (0,3) ^a
T:20CH	87 (5) ^a	88 (6) ^b	83 (11) ^b	1,0935 (0,0108) ^b	1,76 (0,03) ^a
T:40CH	83 (2) ^a	129 (9) ^a	79 (5) ^b	1,125 (0,005) ^a	2,0 (0,6) ^a

SRC: Capacidad de retención de solvente. ^S: sacarosa, ^B: bicarbonato sódico ^{AL}: ácido láctico. WHC: Capacidad de retención de agua, FAC: Capacidad de absorción de grasa. En la misma columna, valores con la misma letra no hay diferencias significativas entre los valores ($p > 0,05$).

Los valores de absorción de agua obtenidos fueron similares a los encontrados por Collar y Angioloni (2013) para harina de trigo y en mezclas de trigo con harina de cebada. Los resultados muestran un aumento significativo ($p < 0,05$) en la capacidad de retención de agua al aumentar el porcentaje de harina de chufa. Este aumento puede ser atribuido al mayor contenido en fibra al aumentar el porcentaje de chufa en la mezcla (Ade-Omowaye et al., 2008), fibra con una elevada capacidad de retención de agua debido a la alta proporción de hemicelulosa y lignina (Sánchez-Zapata et al., 2009). Además, el menor tamaño medio de partícula de la harina de chufa supone un área superficial mayor disponible para la absorción de agua (Albors et al., 2016). La capacidad de retención de solvente informa de la capacidad de retención de agua por los pentosanos (SCR^S), el almidón dañado (SCR^B) y la glutenina (SCR^{AL}). Los valores obtenidos para SCR^S no fueron significativamente diferentes, pero sí se puede observar una disminución de este parámetro al aumentar el porcentaje de harina de chufa.

En cuanto al SCR^B, se encontró un aumento significativo ($p < 0,05$) con el incremento del porcentaje de chufa en la mezcla lo cual podría deberse a una mayor presencia de almidón dañado en la chufa. Se muestra una misma tendencia entre SCR^B y WHC. Por último, al utilizar ácido láctico como solvente se observa cómo disminuye el valor SCR^{AL} al incorporar harina de chufa pero sin diferencias significativas ($p < 0,05$) a medida que aumenta el contenido de la misma. Esta disminución es debida a la menor presencia de gluten y, por tanto, de glutenina al emplear menos cantidad de trigo en la muestra. La capacidad de absorción de grasa se atribuye a la habilidad que tienen las proteínas para ligar lípidos. En este caso, los resultados no muestran diferencias significativas al incorporar harina de chufa.

3.2 Propiedades en la cocción

La humedad alcanzada en el secado de la pasta se encuentra dentro del rango 10-12 (% p/p) mientras que el valor de la a_w entre el 0,6-0,8 (valores similares a los encontrados en la pasta seca comercial). Los parámetros relativos a la cocción de las muestras de pasta seca fueron llevados a cabo según el método descrito en el apartado 2.4. El WAI es un parámetro que proporciona información sobre la capacidad de absorción de agua de una pasta durante su cocción, como podemos observar en la tabla 4 el WAI es

significativamente superior en las pastas que contienen harina de chufa, de acuerdo con los resultados obtenidos de WHC en el apartado anterior.

TABLA 4. Índice de absorción de agua (WAI) e Índice de hinchamiento (SI).

Formulación	WAI	SI
T	1,19 (0,0113) ^d	0,48 (0,02) ^{ab}
T:X	1,05 (0,014) ^f	0,49 (0,04) ^{bc}
T:20CH	1,28 (0,02) ^b	0,52 (0,03) ^a
T:20CH:X	1,24 (0,016) ^c	0,45 (0,02) ^{bc}
T:40CH	1,38 (0,004) ^a	0,40 (0,01) ^{cd}
T:40CH:X	1,09 (0,017) ^e	0,36 (0,06) ^d

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

Además podemos observar que las formulaciones con X tienen un WAI significativamente inferior a las formulaciones que no la incluyen en su formulación. Esto es debido a que la goma de xantana actúa mejorando las propiedades reológicas de la pasta, mejora la estructura y ayuda a retener el agua. El Índice de hinchamiento no ha revelado diferencias por efecto de la incorporación de CH, ni de X.

Las pérdidas durante la cocción (figura 1), es una medida de la cantidad de sólidos perdidos durante la cocción en agua. Se ha observado una tendencia de mayores pérdidas en las pastas sin X en su formulación, respecto a las formulaciones equivalentes con X que tuvieron pérdidas menores. También se ha podido observar, tal y como era esperable, que las formulaciones con mayor incorporación de chufa tienen mayores pérdidas.

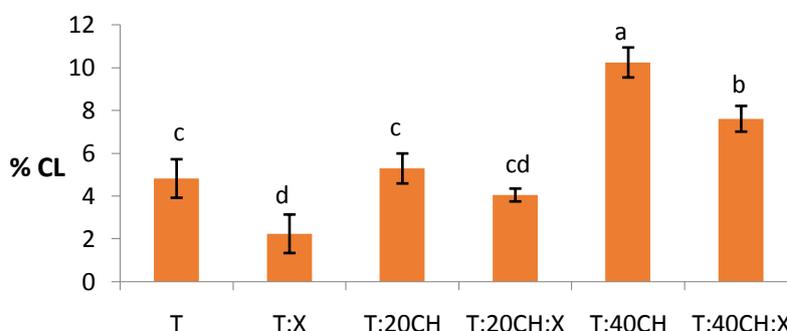


FIGURA 1. Pérdidas durante la cocción (%CL).

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

La reducción del contenido en T cuando es parcialmente sustituido con CH o CH con X, da lugar a una pasta con una cantidad menor de proteínas pero con más cantidad de grasa y fibra, lo cual crea una red de gluten más débil donde los gránulos de almidón hinchados están peor atrapados. Este parámetro es considerado como un buen indicador de la calidad de la pasta, pérdidas de hasta el 6% se considera pasta de buena calidad, hasta el 8% de calidad regular y más del 10% a mala calidad (Gull et al., 2015). Como podemos observar en la figura 1 sólo la formulación T:40CH:X supera el 8% de sólidos perdidos, mientras que T:20CH y T:20CH:X son menores al 6%,

siendo las pérdidas menores en todas las formulaciones con X, debido a que la goma xantana proporciona una mejor estructura y una mejor cohesividad.

3.3 Propiedades mecánicas: Ensayo de corte

La determinación de los parámetros de textura después de la cocción de la pasta tiene una gran importancia desde el punto de vista de la aceptabilidad por el consumidor. La pasta de buena calidad posee un alto grado de firmeza y elasticidad, lo que se conoce como "al dente" (Antognelli, 1980; Pomeranz, 1987). En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos en los ensayos de corte realizados sobre la pasta seca. Observamos que las pastas secas con incorporación de goma xantana son significativamente más firmes y con más consistencia respecto a las que no contienen X, este comportamiento se mantiene tras la cocción (tabla 6).

TABLA 5. Propiedades mecánicas de la pasta seca. Fuerza (N) y Área (N/mm). Medias (desviación estándar).

Formulación	F _o (N)	A _o (N/mm)
T	160,25 (6) ^b	54,57 (1,9) ^b
T:X	232,97 (7) ^a	105,38 (4) ^a
T:20CH	88,29 (8) ^e	25,18 (2) ^e
T:20CH:X	147,83 (4) ^c	55,8 (5) ^b
T:40CH	94,87 (3) ^e	30,42 (3) ^d
T:40CH:X	114,92 (2) ^d	46,03 (0,8) ^c

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

En la pasta cocida (tabla 6) además se muestra un aumento significativo de la elasticidad en las formulaciones que incorporan X, lo cual nos indica que las propiedades texturales de la pasta mejoran con la incorporación de la goma xantana. La sustitución de harina de chufa también ha revelado diferencias significativas, siendo en general los valores de las propiedades mecánicas de las formulaciones que incluyen CH menores que en las muestras control, tanto para las muestras secas como cocidas. Esta tendencia concuerda con los resultados obtenidos en las propiedades durante la cocción, mayores pérdidas durante la cocción, mayor índice de absorción de agua y menor índice de hinchamiento.

TABLA 6. Propiedades mecánicas de la pasta cocida. Fuerza (N), Área (N/mm) y Elasticidad (N/mm). Medias (desviación estándar).

Formulación	F _c (N)	A _c (N/mm)	S _i (N/mm)
T	6,99 (0,5) ^b	4,77 (0,6) ^b	7,96 (0,6) ^b
T:X	10,93 (0,5) ^a	7,19 (0,5) ^a	10,08 (0,9) ^a
T:20CH	5,15 (0,4) ^e	3,43 (0,5) ^c	6,48 (0,5) ^c
T:20CH:X	6,56 (0,3) ^c	4,33 (0,2) ^b	8,54 (0,5) ^b
T:40CH	4,26 (0,4) ^f	2,76 (0,4) ^d	6,09 (0,8) ^d
T:40CH:X	5,77 (0,3) ^d	4,27 (0,5) ^b	7,78 (0,5) ^b

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

En la figura 2 se muestra el incremento de la fuerza de cada muestra cocida respecto al valor F de la formulación control (T) de la pasta cocida.

Podemos observar que las formulaciones con valores de fuerza más parecidos a la formulación control, la cual representa a las pastas tradicionales que se comercializan, son las que contienen chufa y goma de xantana. Los efectos negativos sobre la consistencia y la elasticidad debidos a la sustitución con CH en las formulaciones se ven mejorados por la introducción de X en las mismas. Las formulaciones con CH e incorporación de X son las que se escogieron para el análisis sensorial.

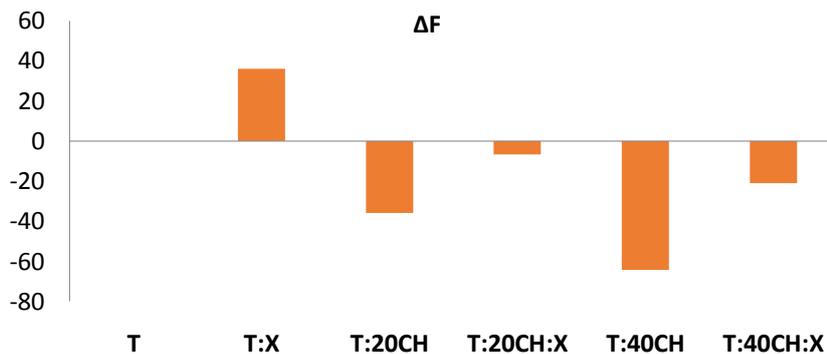


FIGURA 2. Incremento de Fuerza (N) relativo a la formulación control (T), entre las formulaciones cocidas.

3.4 Análisis de color

En la figura 3 se muestran los valores CIE L*a*b* para las muestras secas y cocidas. La pasta tradicional tiene un color claro y amarillento muy suave, debido al huevo y la sémola de grano duro que contiene caroteno. Tal y como puede observarse, las muestras control mostraron tonalidades más claras en la zona de los amarillos claros. Al incorporar harina de chufa (CH) las pappardelle adquieren un color más oscuro que las formulaciones control, ya que la CH tiene un color marrón oscuro característico de la chufa. Esta tendencia al oscurecimiento de la pasta al sustituir CH se puso de manifiesto tanto en las muestras secas como cocidas. Esto no penaliza a la pasta, ya que normalmente el consumidor asocia la pasta rica en fibra dietética con un color más oscuro.

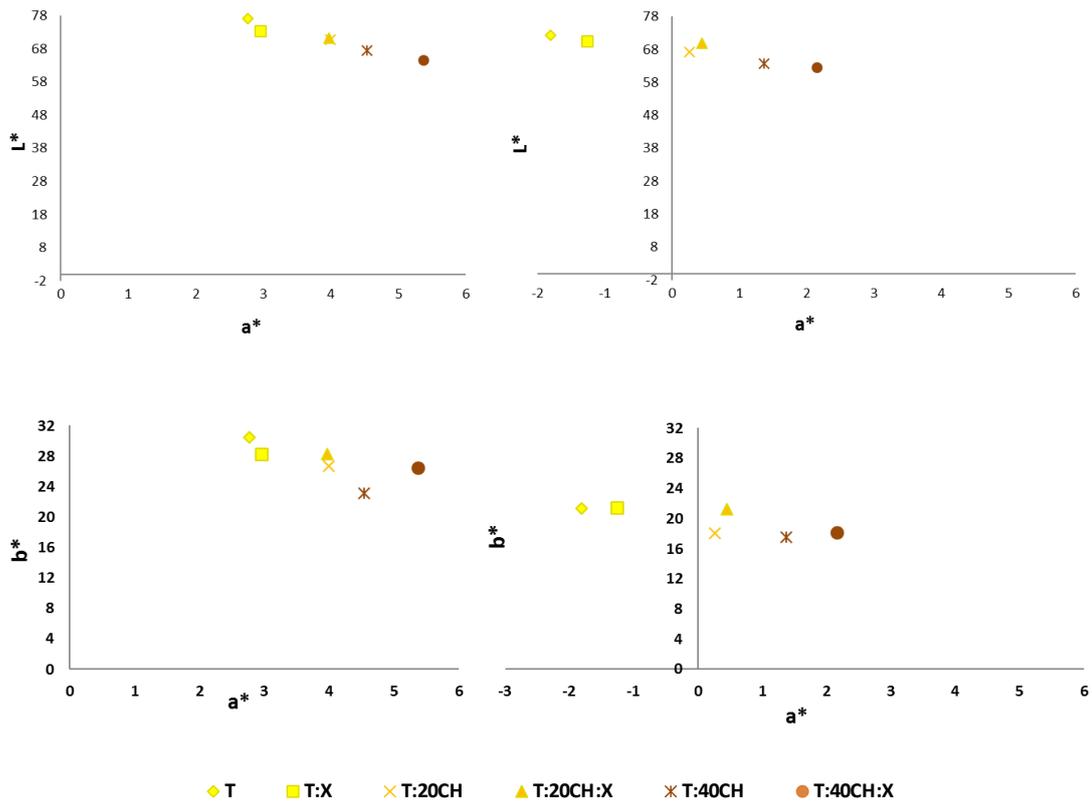


FIGURA 3. Diagramas cromáticos L^* vs a^* y b^* vs a^* para las pappardelle secas (izquierda) y cocidas (derecha) respectivamente.

En la figura 4, se muestran las diferencias de color entre las formulaciones estudiadas y la formulación control (T). Se observa que no sólo la incorporación de chufa aumenta la diferencia de color, sino también la incorporación de X en las formulaciones. Estos cambios de color son más evidentes en las muestras secas, una vez cocida las diferencias de color con la formulación control disminuyen ligeramente.

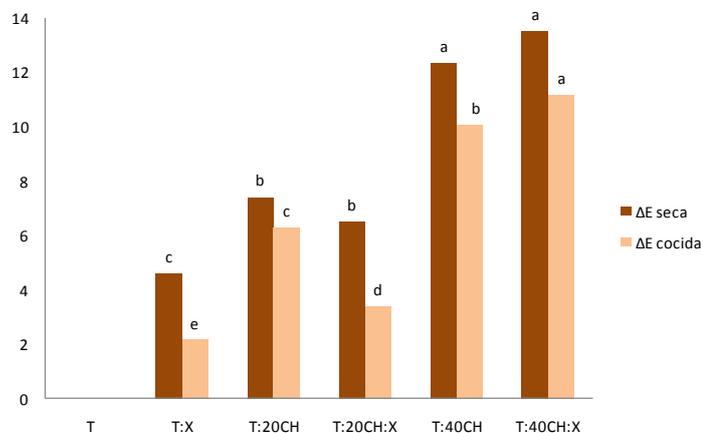


FIGURA 4. Diferencia de color entre las diferentes formulaciones y la muestra control (T) para las muestras secas y cocidas. Columnas del mismo color, valores con la misma letra no hay diferencias significativas entre los valores ($p > 0,05$).

3.5 Análisis sensorial

Los beneficios saludables y nutritivos obtenidos gracias a la incorporación de la harina de chufa en las pappardelle sólo tienen sentido si la pasta es aceptada satisfactoriamente por el consumidor. El panel de 40 catadores evaluó muestras cocidas de las formulaciones T:20CH:X y T:40CH:X. Los atributos de la pappardelle cocida se presentan en la figura 5, siendo significativamente mayores los valores obtenidos en “sabor a integral” y el “color” en la pasta con mayor cantidad de chufa (T:40CH:X). La “homogeneidad” y la “suavidad” han sido significativamente superiores para la formulación T:20CH:X.

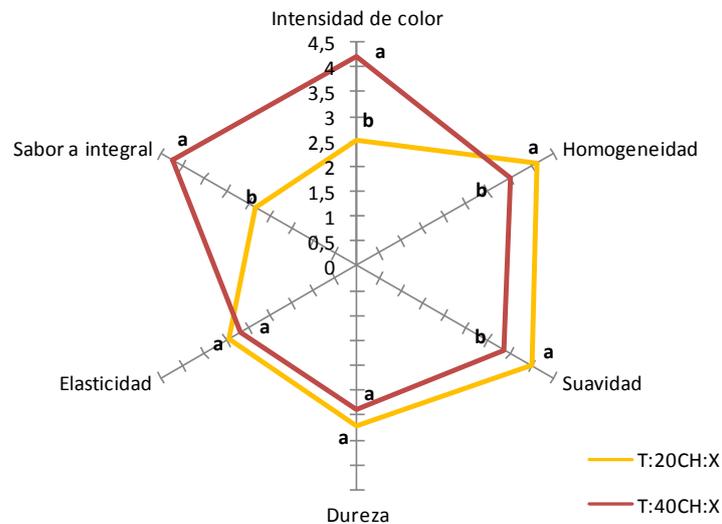


FIGURA 5. Atributos evaluados para T:20CH:X y T:40CH:X, escala de 0 a 5. Valores con la misma letra no hay diferencias significativas entre los valores del mismo atributo ($p > 0,05$).

En la figura 6 se muestran los resultados en cuanto a preferencia para ambas formulaciones. Las formulaciones han sido aprobadas por los catadores, ya que han evaluado todos los atributos con una aceptación mayor superior al 3/5. En cuanto a la preferencia de compra, el 56% de los encuestados escogen la formulación con un nivel de sustitución mayor (T:40CH:X), indicando que el sabor integral del producto propuesto ha sido un factor relevante a la hora de escoger el producto.

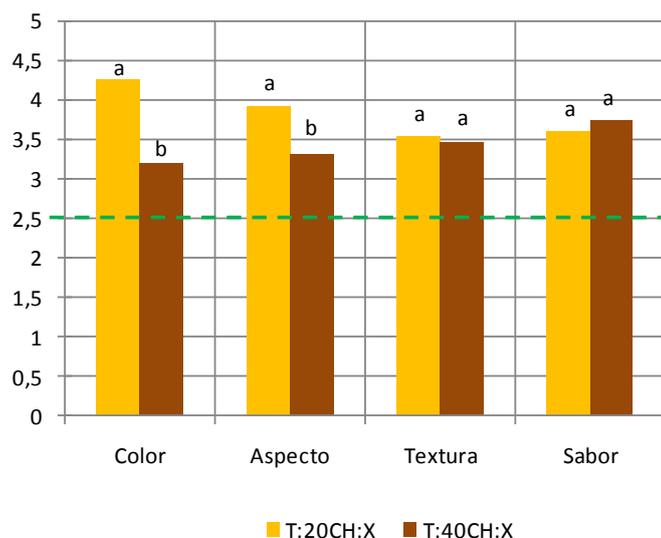


FIGURA 6. Preferencia de color, aspecto, textura y sabor en una escala del 1 al 5. Valores con la misma letra no hay diferencias significativas entre los valores ($p > 0,05$).

4. CONCLUSIONES

La incorporación de harina de chufa en las formulaciones de pasta seca ha resultado en una mayor absorción de agua y un mayor porcentaje de pérdidas durante la cocción respecto a la pasta tradicional seca. Así mismo, la incorporación de goma xantana a niveles del 1% disminuyen estos valores de forma que actúa mejorando el comportamiento de las pappardelle frente a la cocción. Las pastas secas con incorporación de goma xantana han resultado significativamente más firmes y con mayor consistencia respecto a las formulaciones que no contienen X, este comportamiento se mantiene tras la cocción. Los efectos negativos sobre la consistencia y la elasticidad debidos a la sustitución con CH en las formulaciones se han visto sin duda mejorados por la introducción de xantana en estas formulaciones. El análisis de color de las muestras cocidas ha puesto de manifiesto el oscurecimiento de las pappardelle que incorporaban chufa respecto a las muestras control, con tonalidades amarillo claro, característico de estas pastas. También se ha observado un ligero cambio en el color por efecto de la incorporación de X, si bien no es significativo. La diferencia de color, respecto a la muestra control T, es más evidente en las muestras secas que una vez cocidas. Las formulaciones con CH e incorporación de X presentadas a los catadores obtuvieron valores altos en los atributos de intensidad de color y sabor a integral para la muestra con el 40% de sustitución. Todas las muestras fueron bien aceptadas por los catadores.

5. REFERENCIAS

- AACC (2005) Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th edn. AAC, St. Paul, Minn.
- AACC, American Association of Cereal Chemists The definition of dietary fiber Cereal Foods World, 46 (3) (2001), pp. 112–126.

- Ade-Omowaye, B. I. O., Akinwande, B. A., Bolarinwa, I. F., & Adebisi, A. O. (2008). Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*) wheat composite flour and bread. *Afr. J. Food Sci*, 2, 87-91.
- Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., Guamis, B., & Capellas, M. (2014). Effect of tigernut-derived products in gluten-free batter and bread. *Food Science and Technology International*, 21(5), 323e331.
- Ahn HJ, Kim JH, Ng PKW. (2005) Functional and thermal properties of wheat, barley, and soy flours and their blends treated with a microbial transglutaminase. *J Food Sci* 70:380–386
- 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.
- Alegría-Torán, A., & Farré-Rovira, R. (2003). Horchata y salud: aspectos nutricionales y dietéticos. In *Fundación Valenciana de Estudios Avanzados (Ed.), Jornada Chufa y Horchata: Tradición y Salud* (pp. 55e70). Valencia: Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- American Association of Cereal Chemist approved methods (AACC, 2000).
- Antognelli, C. (1980). The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient. *Journal of Food Technology*, 15, 125–145.
- Aravind, N., Sissons, M., & Fellows, C. M. (2012a). Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*, 131(3), 893e900.
- Boroski, M., de Aguiar, A. C., Boeing, J. S., Rotta, E. M., Wibby, C. L., Bonafé, E. G., ... de Souza, N. E. (2011). Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. *Food Chemistry*, 125(2), 696–700.
- Brennan, C. S., & Tudorica, C. M. (2007). Fresh pasta quality as affected by enrichment of nonstarch polysaccharides. *Journal of Food Science*, 72(9), S659eS665.
- Buttriss and Stokes, 2008 J.L. Buttriss, C.S. Stokes Dietary fibre and health: an overview *Food Nutr. Bull.*, 33 (3) (2008), pp. 186–200.
- da Silva, E. M. M., Ascheri, J. L. R., & Ascheri, D. P. R. (2016). Quality assessment of gluten-free pasta prepared with a brown rice and corn meal blend via thermoplastic extrusion. *LWT e Food Science and Technology*, 68, 698e706.
- Fares, C., & Menga, V. (2012). Effects of toasting on the carbohydrate profile and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum L.*) flour added to durum wheat pasta. *Food Chemistry*, 131(4), 1140–1148.
- 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), 216e227.
- Francis, F. J., & Clydesdale, F. M. (1975). The measurement of meat color. *Food Colorimetry: Theory and Application*. The AVI Publishing Company, Westport, CT, 73-111.
- Gallegos-Infante, J. A., et al. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris L.*). *Food Chemistry*, 2010, vol. 119, no 4, p. 1544-1549.
- Gil, Ángel. 2010. *Tratado De Nutrición*. Tomo II. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Capítulo 4. Editorial Médica Panamericana. Madrid. 77-81 ISBN: 978-84-9835-347-1.
- Gull, A., Prasad, K., & Kumar, P. (2015). Effect of millet flours and carrot pomace on cooking qualities, color and texture of developed pasta. *LWT – Food Science and Technology*, 63(1), 470e474.
- Heywood AA, Myers DJ, Bailey TB, Johnson LA. (2002) Functional properties of low-fat soy flour produced by an extrusion expelling system. *J Am Oil Chem Soc* 79:1249–1253.
- Hoseney C (1991) *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Acribia. Zaragoza, España. pp. 269-274.
- Kaczmarczyk, M. M., Miller, M. J., & Freund, G. G. (2012). The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism*, 61(8), 1058-1066.
- Kendall et al., 2010 C.W.C. Kendall, A. Esfahani, D.J.A. Jenkins The link between dietary fibre and human health *Food Hydrocolloids*, 24 (1) (2010), pp. 42–48.

- Lin CS, ZayasJF. (1987) Functionality of defatted corn germ proteins in a model system: fat binding capacity and water retention. *J Food Sci* 52:1308–1311
- Mariotti, M., Iametti, S., Cappa, C., Rasmussen, P., & Lucisano, M. (2011). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. *Journal of Cereal Science*, 53(3), 319e327.
- Mastromatteo, M., Chillo, S., Civica, V., Iannetti, M., Suriano, N., & Del Nobile, M. A. (2012). A multistep optimization approach for the production of healthful pasta based on nonconventional flours. *Journal of Food Process Engineering*, 35(4), 601e621.
- Norm, I. S. O. 8589. 1988. Sensory analysis: General guidance for the design of test rooms.
- Pomeranz, Y. (1987). *Modern cereal science and technology*. New York, USA; pp. 121–122.
- Resmini, P., & Pagani, M. A. (1983). Ultrastructure studies of pasta. A review. *Food Microstructure*, 2(1), 1e12.
- Ronda, F., Pérez-Quirce, S., Angioloni, A., & Collar, C. (2013). Impact of viscous dietary fibres on the viscoelastic behaviour of gluten-free formulated rice doughs: a fundamental and empirical rheological approach. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 252-262.
- Sanchez-Zapata, E., Fernandez-Lopez, J., Sendra, E., & Perez-Alvarez, J. A. (2012). Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 366e377.
- Sánchez-Zapata, E.; Fuentes-Zaragoza, E.; Fernández-López, J.; Sendra, E.; Vayas, E.; Navarro, C. (2009). Preparation of dietary fiber powder from tigernut (*Cyperus esculentus*) milk ("horchata") by products and its physicochemical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (17). 7719-7725
- Ukwuru, M. U., Ibeneme, C. L., & Agbo, C. I. (2011). *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(2), 101e105.
- UNE 87025 (1996). *Manual de análisis sensorial. Tomo I – Alimentación*. Pp. 167–186. Madrid: Aenor.
- Verardo, V., Gomez-Caravaca, A. M., Messina, M. C., Marconi, E., & Caboni, M. F. (2011). Development of functional spaghetti enriched in bioactive compounds using barley coarse fraction obtained by air classification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9127–9134.
- Yokoyama, W. H., Hudson, C. A., Knuckles, B. E., Chiu, M. C. M., Sayre, R. N., Turnlund, J. R., et al. (1997). Effect of barley beta-glucan in durum wheat pasta on human glycemic response. *Cereal Chemistry*, 74(3), 293e296.