

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



Variación del perfil nutricional en pastas alimenticias frescas con el empleo de harina de chufa e hidrocoloides en su formulación.

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNA: ALICIA ORTEGA MICÓ

TUTORA: M^a EUGENIA MARTÍN ESPARZA
COTUTORA: M^a DOLORES RAIGÓN JIMÉNEZ

Curso Académico: 2015/2016

VALENCIA, Febrero de 2016



TITULO: VARIACIÓN DEL PERFIL NUTRICIONAL EN PASTAS ALIMENTICIAS FRESCAS CON EL EMPLEO DE HARINA DE CHUFA E HIDROCOLOIDES EN SU FORMULACIÓN

RESUMEN

En el presente trabajo se ha querido evaluar la variación del perfil nutricional de la pasta alimenticia obtenida con un nivel de sustitución de sémola de trigo duro por harina de chufa de un 40% para que las formulaciones pudieran catalogarse como “fuente de fibra”, según marca la legislación vigente. También se ha analizado el efecto de la adición de hidrocoloides (CMC, goma xantana y goma garrofín) en un intervalo de 0-0,8%, utilizados para conseguir una estructura mejor cohesionada (y previsiblemente con menores pérdidas nutricionales durante la cocción). La cantidad y la combinación de estas gomas se seleccionaron a partir de un análisis de superficie de respuesta en base a un diseño experimental de Box-Behnken. Para elaborar las distintas formulaciones de pasta, se utilizó además huevo líquido pasteurizado (13% peso) y agua potable (16% peso). El trabajo consta de tres partes: a) caracterización química de las materias primas empleadas (sémola de trigo, harina de chufa y huevo líquido) y de otras potencialmente utilizables en futuros trabajos (harina de trigo duro y salvado de trigo), b) análisis del efecto de la incorporación de harina de chufa (40% sustitución) en la formulación control (100% sémola de trigo duro) sin la adición de hidrocoloides, c) optimización de la combinación de hidrocoloides (tipo/cantidad) a emplear con la finalidad de conocer cuál de ellas es la más adecuada para evitar el máximo de pérdidas del valor nutricional. Los parámetros determinados en las materias primas y en la pasta cocida fueron el contenido de: agua, proteínas, lípidos, cenizas y fibra bruta. Los carbohidratos digeribles se determinaron por diferencia. La correspondiente composición química de la pasta fresca recién elaborada (antes de la cocción) se determinó a partir de los resultados obtenidos para las materias primas. El efecto de la incorporación de harina de chufa (nivel de sustitución del 40%) en la formulación de pasta fresca permitió obtener un producto ya cocido y listo para consumir con un contenido de fibra bruta 9 veces superior a la pasta 100% sémola de trigo duro, con el doble de contenido mineral y similar aporte de carbohidratos digeribles y proteico. Para conocer la significancia del empleo de los hidrocoloides en diferentes proporciones en las formulaciones se realizó un análisis de regresión múltiple y la metodología de superficie de respuesta. El modelo propuesto permitió describir adecuadamente la ganancia de agua y las pérdidas de fibra bruta durante la cocción, sin quedar patente una influencia de la combinación de los hidrocoloides estudiados en las pérdidas de carbohidratos digeribles. Los resultados obtenidos del análisis de superficie de respuesta evidencian además que la combinación de carboximetilcelulosa en una proporción superior a 0,6% y goma garrofín en una proporción por encima del 0,4% mejora la capacidad de absorción de agua y que la presencia de las tres gomas no permite reducir las pérdidas de fibra bruta.

Palabras clave: perfil nutricional, harina de chufa, sémola de trigo duro, hidrocoloides

Autor: Alicia Ortega Micó
Tutora: M^a Eugenia Martín Esparza
Cotutora: M^a Dolores Raigón Jiménez
Valencia, Febrero de 2016

TITOL: VARIACIÓ DEL PERFIL NUTRICIONAL EN PASTES ALIMENTÀRIES FRESQUES AMB LA UTIL·LITZACIÓ DE FARINA DE XUFA I HIDROCOL·LOIDES EN LA SEUA FORMULACIÓ.

RESUM

En el present treball s'ha volgut avaluar la variació del perfil nutricional de la pasta alimentària obtinguda amb un nivell de substitució de sèmola de blat dur per farina de xufa d'un 40% perquè les formulacions pogueren catalogar-se com "font de fibra", segons marca la legislació vigent. També s'ha analitzat l'efecte de l'addició de hidrocoloides (CMC, goma xantana i goma garrofi) en un interval de 0-0,8%, utilitzats per a aconseguir una estructura millor cohesionada (i previsiblement amb menors pèrdues nutricionals durant la cocció) . La quantitat i la combinació d'estes gomes es van seleccionar a partir d'una anàlisi de superfície de resposta basant-se en un disseny experimental de Box-Behnken. Per a elaborar les distintes formulacions de pasta, es va utilitzar a més ou líquid pasteuritzat (13% pes) i aigua potable (16% pes) . El treball consta de tres parts: a) caracterització química de les matèries primeres empleades (sèmola de blat, farina de xufa i ou líquid) i d'altres potencialment utilitzables en futurs treballs (farina de blat dur i segó de blat) , b) anàlisi de l'efecte de la incorporació de farina de xufa (40% substitució) en la formulació control (100% sèmola de blat dur) sense l'addició de hidrocoloides, c) optimització de la combinació de hidrocoloides (tipus/quantitat) a emprar amb la finalitat de conèixer quina d'elles és la més adequada per a evitar el màxim de pèrdues del valor nutricional. Els paràmetres determinats en les matèries primeres i en la pasta cuita van ser el contingut de: aigua, proteïnes, lípids, cendres i fibra bruta. Els carbohidrats digeribles es van determinar per diferència. La corresponent composició química de la pasta fresca acabada d'elaborar (abans de la cocció) es va determinar a partir dels resultats obtinguts per a les matèries primeres. L'efecte de la incorporació de farina de xufa (nivell de substitució del 40%) en la formulació de pasta fresca va permetre obtenir un producte ja cuit i preparat per a consumir amb un contingut de fibra bruta 9 vegades superior a la pasta 100% sèmola de blat dur, amb el doble de contingut mineral i semblant aportació de carbohidrats digeribles i proteic. Per a conèixer la significança de l'ocupació dels hidrocoloides en diferents proporcions en les formulacions es va realitzar una anàlisi de regressió múltiple i la metodologia de superfície de resposta. El model proposat va permetre descriure adequadament el guany d'aigua i les pèrdues de fibra bruta durant la cocció, sense quedar patent una influència de la combinació dels hidrocoloides estudiats en les pèrdues de carbohidrats digeribles. Els resultats obtinguts de l'anàlisi de superfície de resposta evidencien a més que la combinació de carboximetilcelulosa en una proporció superior a 0,6% i goma garrofi en una proporció per damunt del 0,4% millora la capacitat d'absorció d'aigua i que la presència de les tres gomes no permet reduir les pèrdues de fibra bruta.

Paraules clau: perfil nutricional, farina de xufa, sèmola de blat dur, hidrocoloides

Autor: Alicia Ortega Micó
Tutora: M^a Eugenia Martín Esparza
Cotutora: M^a Dolores Raigón Jiménez
València, Febrer de 2016

TITLE: VARIATION OF NUTRITIONAL PROFILE FRESH PASTA WITH THE USE OF TIGER NUT FLOUR AND HYDROCOLLOIDS IN ITS FORMULATION

ABSTRACT

The aims of this work were: a) chemical characterization of the raw materials used (durum wheat semolina flour, liquid egg and tiger nut flour) and other potentially useful products (wheat bran and durum wheat flour) in future works (durum wheat flour and wheat bran). b) to evaluate the variation of the fresh egg pasta nutritional profile as affected by the partial substitution of durum wheat semolina flour by tiger nut flour. A 40% substitution level was chosen to obtain a product than can be labelled as "source of fiber", c) to optimize the combination of hydrocolloids (type/quantity) to be used in order to select the most appropriate to minimize nutritional losses during pasta cooking. Concentration of hydrocolloids varied from 0 to 0.8% (w/w) according to a Box-Behnken experimental design and optimization was performed by using the surface response method. For all pasta formulations, pasteurised liquid egg (13% w/w) and water (16% w/w) were used. Assessed parameters in raw materials and cooked pasta were the contents of water, protein, fat, ash and total fibre. Digestible carbohydrates were determined by difference. The corresponding chemical composition of uncooked fresh egg pasta was calculated from experimental results for raw materials. Obtained results revealed that tiger nut flour incorporation to basic wheat semolina fresh pasta allowed to obtain a ready-to-eat product with fibre content nine times higher, twice mineral content than those based on 100% durum wheat semolina, and a similar contribution of digestible protein and carbohydrates. For the significance of the use of hydrocolloids in different proportions in the formulations multiple regression analysis and response surface methodology was performed. Multiple regression analysis showed that the proposed model describes adequately water gain and total fibre losses during cooking as affected by hydrocolloids concentration on the studied range, without obvious influence on digestible carbohydrates changes. Surface response also revealed that the presence of combination of carboxymethylcellulose over 0.6% w/w and locust bean gum above 0.4% w/w improves water absorption ratio and that the presence of the three hydrocolloids reduces total fibre losses.

Key Words: nutritional profile, tiger nut flour, durum wheat semolina, hydrocolloids

Author: Alicia Ortega Micó
Tutor: M^a Eugenia Martín Esparza
Cotutor: M^a Dolores Raigón Jiménez
Valencia, February 2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo I. Introducción.....	1
I.1. Definición de pasta alimentaria.....	1
I.2. Clasificación de la pasta alimentaria.....	1
I.3. Composición y valor nutricional de las pastas alimenticias.....	1
I.4. Proceso de elaboración industrial de la pasta fresca.....	3
I.5. Fibra Bruta.....	5
I.5.1. Clasificación de la fibra.....	5
I.5.2. Importancia de la fibra en la dieta.....	5
I.6. Justificación del Trabajo.....	7
I.7. Harina de chufa (<i>Cyperus Esculentus L.</i>).....	8
I.8. Hidrocoloides.....	9
I.8.1. Goma de garrofín (E-410).....	9
I.8.2. Goma xantana (E-415).....	9
I.8.3. Carboximetilcelulosa (E-466).....	10
Capítulo II. Objetivos y Plan de trabajo.....	11
II.1. Objetivo general.....	11
II.2. Objetivos específicos.....	11
II.3. Plan de trabajo.....	11
Capítulo III. Materiales y métodos.....	13
III.1. Materias primas.....	13
III.1.1. Hidrocoloides.....	13
III.2. Proceso de elaboración de la pasta cocida.....	14
III.3. Diseño experimental.....	15
III.4. Ensayos de cocción.....	17
III.5. Caracterización química de la pasta cocida.....	17
III.5.1. Determinación de la humedad.....	17
III.5.2. Determinación del contenido mineral total.....	17
III.5.3. Determinación del contenido en nitrógeno total y proteínas.....	17
III.5.4. Determinación del contenido en fibra bruta.....	18
III.5.5. Determinación del contenido en grasa.....	18
III.5.6. Análisis de Datos.....	19
Capítulo IV. Resultados y discusión.....	20
IV.1. Análisis de las materias primas empleadas en el presente estudio.....	20
IV.2. Comparación fórmula control y fórmula sustituida con harina de chufa.....	21
IV.3. Cálculo de pérdidas de formulaciones de pasta con sustitución de harina de chufa y empleo de hidrocoloides.....	23
Capítulo V. Conclusiones.....	29
Capítulo VI. Bibliografía.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recomendaciones ingesta de fibra (g/día).....	6
Tabla 2. Composición química de las materias primas (Sd: Sémola de trigo duro, Hc: Harina de chufa, H: Huevo líquido pasteurizado) empleadas en el presente estudio	13
Tabla 3. Composición química de los hidrocoloides empleados en este estudio. CMC: Carboximetilcelulosa, GX: Goma Xantana, GG: Goma Garrofín.....	13
Tabla 4. Composición de las distintas formulaciones (Sd: Sémola de trigo duro, Hc: Harina de chufa, H: Huevo líquido pasteurizado, A: Agua potable, CMC: carboximetilcelulosa, GX: goma xantana, GG: goma garrofín) (cantidades expresadas en g/100 g pasta).....	16
Tabla 5. Medias (desviaciones) obtenidas para la caracterización química de las materias primas empleadas en el presente estudio (% base seca) y valor energético (Kcal/100 g producto). Sd: Sémola de trigo duro, Sb: Salvado de trigo blando, Hc: Harina de chufa, Hd: Harina de trigo duro extracción 74%, H: Huevo líquido pasteurizado, CMC: Carboximetilcelulosa, GX: Goma Xantana, GG: Goma de Garrofín.....	20
Tabla 6. Medias (desviaciones) obtenidas en la caracterización química de la fórmula control (FC) y la fórmula con harina de chufa sin hidrocoloides (CH0) una vez cocidas (% base seca), y valor energético (Kcal/100 g producto).....	22
Tabla 7. Composición química de las formulaciones de pasta fresca sin cocer (% base seca) Valores calculados a partir de los datos experimentales obtenidos para las materias primas y considerando las proporciones de éstas empleadas en la elaboración de las diferentes formulaciones de pasta.....	23
Tabla 8. Medias (desviaciones) obtenidas en la caracterización química de las diferentes formulaciones de pasta ensayadas (% base seca) y valor energético (Kcal/100 g producto)...	24
Tabla 9. Valores de la constante (Y_0) y los parámetros β obtenidos del ajuste a los modelos de regresión múltiple para describir la relación entre los hidrocoloides y el contenido en la pasta cocida (g/g materia seca) o las pérdidas/ganancias en la cocción (g perdidos o ganados/g iniciales) de: agua, proteínas, cenizas, carbohidratos digeribles y fibra bruta (se muestran las relaciones significativas $p < 0,05$).....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración de la pasta alimenticia en la industria.....	3
Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de la pasta alimenticia en el presente trabajo.....	14
Figuras 3 a-f. Superficies de respuesta para el índice de absorción de agua (IAA, Figuras 3a-c) y las pérdidas de fibra bruta (\square FB, Figuras 3d-3f) en la cocción.....	27
Figuras 4 a-b. Superficies de respuesta para el contenido proteico de la pasta cocida (P, Figura 4a) y las pérdidas de contenido mineral (C, Figura 4b) en la cocción.....	28

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

I.1. DEFINICIÓN DE PASTA ALIMENTARIA

La pasta alimenticia es el producto obtenido por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémolas o semolinas o con harina procedente de trigo duro, semiduro o trigo blando o sus mezclas y agua potable. Así se define en el Real Decreto 2181/1975, de 12 de septiembre de 1975, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de pastas alimenticias (B.O.E. 13.09.1975), y con las siguientes modificaciones: Real Decreto 1771/1976, de 2 de julio (B.O.E. 28.07.1976); Real Decreto 2811/1983, de 13 de octubre (B.O.E. 11.11.1983); Modificado por Real Decreto 1093/87, de 19 de junio (B.O.E. 08.09.1987); Corrección de errores (B.O.E. 13.9.1989); Modificado por Real Decreto 1534/1991, de 18 de octubre (B.O.E. 30.10.1991).

I.2. CLASIFICACIÓN DE LA PASTA ALIMENTARIA

En el Real Decreto 1771/1976 (B.O.E. 28.07.1976), se definen los diferentes tipos de pasta alimenticia que pueden comercializarse actualmente en España y que son los mencionados a continuación.

Pastas alimenticias simples: las elaboradas con sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro, blando o sus mezclas. Cuando sean elaboradas exclusivamente con sémola o semolina de trigo duro (*Triticum durum*), podrán clasificarse como de calidad superior.

Pastas alimenticias compuestas: aquéllas a las que se les ha incorporado en el proceso de elaboración alguna o varias de las siguientes sustancias alimenticias: gluten, soja, huevos, leche, hortalizas, verduras y leguminosas, bien naturales, desecadas o conservadas, jugos y extractos. Podrán incorporarse otras sustancias alimenticias que en su momento sean autorizadas por la Dirección General de Sanidad.

Pastas alimenticias rellenas: preparados constituidos por pastas alimenticias simples o compuestas que en formas diversas (empanadillas, cilindros, sándwich, etc.) contengan en su interior un preparado necesariamente elaborado con todas o algunas de las siguientes sustancias: carne de animales de abasto, grasas animales y vegetales, productos de pesca, pan rallado, verduras, hortalizas, huevos y agentes aromáticos autorizados. Podrían proponerse otras sustancias alimenticias que, en su momento, sean autorizadas por la Dirección General de Sanidad.

Pastas alimenticias frescas: cualquiera de las elaboradas de acuerdo con lo establecido en los epígrafes anteriores, pero que no han sufrido proceso de desecación.

I.3. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS

La pasta se compone básicamente de hidratos de carbono, conteniendo además una pequeña cantidad de grasa y minerales, los cuales son: hierro, calcio, fósforo, magnesio, cinc, cobre, manganeso, potasio y sodio (Dendy y Dobraszczyk, 2004).

Al ser un alimento elaborado a base de sémola de trigo duro, tiene un elevado contenido en carbohidratos. Unos 100 g de pasta contienen aproximadamente 75 g de hidratos de carbono, que proporcionarían aproximadamente unas 370 Kcal, lo que representa aproximadamente el 15 % de las necesidades de una persona que desarrolle una actividad normal. Los hidratos de carbono que contiene la pasta se encuentran mayoritariamente en forma de carbohidratos complejos principalmente almidón y no como azúcares simples que se pueden digerir rápidamente, lo que otorga a la pasta propiedades funcionales como es la de aportar unos niveles estables de glucosa en sangre, (importante para aquellas personas con deficiencia de insulina), una disminución de los

I. INTRODUCCIÓN

niveles de colesterol en sangre y una estabilización del funcionamiento normal de la tiroides (Martínez y García, 2001).

El aporte de grasas es muy bajo, además de no contener colesterol sino grasas vegetales y en cantidades muy pequeñas (100 gramos de pasta contienen menos de 1 gramo de grasa).

En cuanto al contenido proteico de la pasta, las proteínas más importantes son las gluteninas y las gliadinas, que le confieren elasticidad gracias a la red viscoelástica que se forma durante el amasado (gluten), pero por otro lado la pasta es deficiente en un aminoácido esencial como la lisina. Dicha red rodea al almidón, formando una estructura más fuerte que no se descompondrá tan fácilmente durante la cocción de la pasta (Dendy y Dobraszczyk, 2004).

El aporte de vitaminas y minerales es relativamente bajo, excepto en el caso de que la pasta haya sido enriquecida. Aun así, la pasta contiene vitaminas del grupo E y B, que son consideradas antioxidantes celulares.

La pasta aporta también un porcentaje aceptable de fibra vegetal (sobre todo las pastas integrales), lo que favorece el funcionamiento gastrointestinal y ayuda a metabolizar el colesterol y los triglicéridos.

En resumen, la pasta es un alimento básico aunque no es un alimento completo, ya que aporta pocas proteínas de alto valor biológico y no contiene grasas, por lo que hay que complementarla con otros alimentos como los huevos, el aceite de oliva virgen extra, el pescado y la carne.

La adición de huevo a las formulaciones de pasta fresca hace que el valor nutricional de la pasta aumente, gracias a las características composicionales que aporta. Además, en cuanto a las características visuales, le da un color más amarillento a las formulaciones de pasta fresca. Otra característica que le da el huevo es que le aporta una textura más fuerte (Hager et al., 2013).

En cuanto a la utilización del agua, ésta ha de ser siempre potable, estando libre de contaminantes químicos y microbiológicos. El agua contribuirá a la manejabilidad de la masa para la posterior formación de las láminas de pasta.

Por todo esto, los beneficios que aportan las pastas alimenticias sobre la salud se pueden resumir en los siguientes puntos. (Pastas Gallo, 2015):

- La pasta es un producto bajo en grasas y sin colesterol.
- Proporciona energía fácilmente aprovechable para el metabolismo oxidativo.
- Favorece el correcto funcionamiento del sistema gastrointestinal.
- Además, los carbohidratos tienen una gran importancia dietética ya que el almidón se trata de un carbohidrato complejo que se digiere fácil y lentamente resultando un aporte energético lento bueno para actividades que requieren esfuerzo físico o mental y que debido a ese aporte lento mantiene el nivel de glucemia (cantidad de azúcar en sangre).
- Los carbohidratos también intervienen en el metabolismo del colesterol y de los triglicéridos.

I.4. PROCESO DE ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE LAS PASTA FRESCA

Para una visualización más directa se incluye un diagrama de flujo que marca las etapas del proceso.

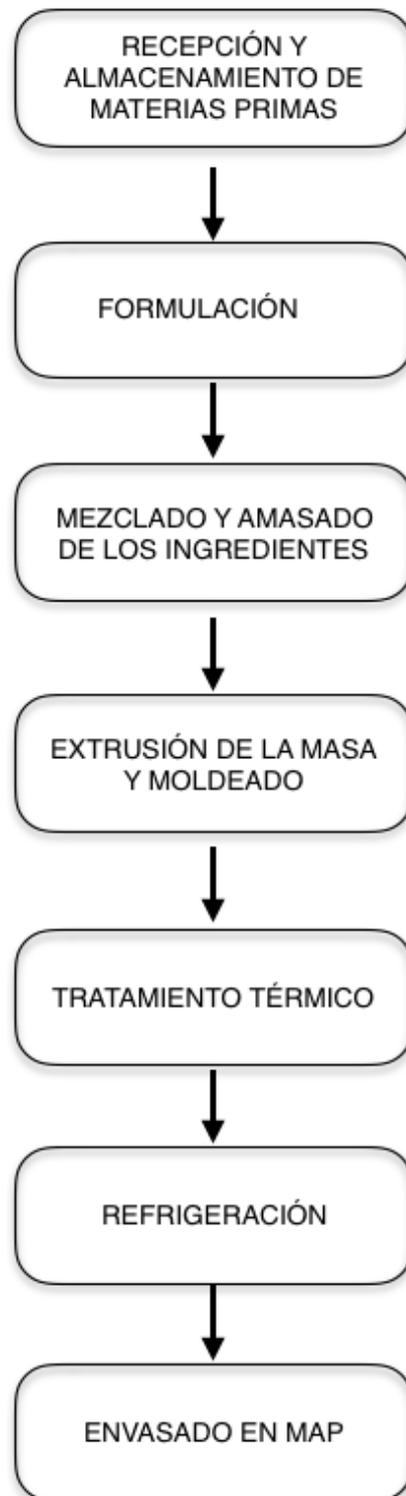


Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración de la pasta alimenticia en la industria (Fuente: UNAD, 2009)

I. INTRODUCCIÓN

Etapa 1: Recepción y Almacenamiento de las materias primas

La sémola se transporta desde la industria semolera hasta la industria de transformación, donde se van a realizar los controles de calidad pertinentes y se almacena a la espera de ser distribuida a las diferentes líneas de producción.

Etapa 2: Formulación

Pesado de las diferentes materias primas con una proporción determinada para iniciar su elaboración.

Etapa 3: Mezclado y Amasado de los Ingredientes

La formación de la pasta comienza con la hidratación de las materias primas secas con ingredientes líquidos, incluyendo los aditivos que se agregan poco a poco mientras los ingredientes van amasando. Finalmente se obtendrá una masa granulosa. Esta etapa se realiza en un tiempo de 10 minutos aproximadamente y un rango de temperatura óptimo entre 35 y 40 °C.

Etapa 4: Extrusión de la masa y moldeado

Esta etapa se desarrolla en una cámara cilíndrica en donde un tornillo sin fin empuja a elevadas presiones la masa hacia el molde que le dará la forma deseada. Además, posee unas cuchillas que cortan la masa de acuerdo al tipo de pasta. Este proceso dura aproximadamente 2 minutos a una temperatura de 40-45°C, con el fin de evitar que el almidón de la proteína se deteriore.

La función del cuerpo del extrusor y del tornillo rotatorio es desarrollar las proteínas del trigo de tal forma que el almidón quede envuelto en una matriz del gluten. Por tanto esta operación es clave para transformar una masa sólida formada a partir de ingredientes en polvo en una masa de carácter plástico.

En la extrusión se debe controlar la presión de la masa ya que esta dependerá de la humedad de la misma, la resistencia que ofrece el molde, el dispositivo que protege el molde, las placas filtrantes y la temperatura de la masa.

Etapa 5: Tratamiento Térmico

Se produce la pasteurización haciendo pasar la pasta a través de una cámara en una cinta transportadora perforada usando vapor inyectado a una temperatura de 91°C y durante un tiempo de 9 min, seguido de un enfriamiento a 4°C dentro de 15 min dentro de un congelador de aire circulante forzado (Sanguinetti et al., 2011).

Etapa 6: Refrigeración

La etapa final del secado es el enfriamiento, donde la pasta pasa por la zona de transición vítrea y se establece la estructura. Se debe intentar bajar la temperatura del producto a un valor próximo a la del ambiente. En la mayoría de los casos se tiene que emplear aire frío. Cuando ya se ha equilibrado con las condiciones ambientales, el producto se puede envasar inmediatamente.

Etapa 7: Envasado en MAP

El empleo de las atmósferas modificadas puede prolongar de manera muy significativa la vida útil de todo tipo de alimentos preparados. Además de mantener las características organolépticas sin introducir aditivos y conservantes, retrasa el crecimiento de microorganismos.

I. INTRODUCCIÓN

Se emplea una atmosfera sin oxígeno que ha sido remplazado en su mayoría por N₂ y CO₂; concretamente un 70% y un 30% respectivamente.

El empleo de Atmosfera Modificada (MAP) incrementa la vida útil de la pasta envasada de 5 días hasta un máximo de 2 semanas (Portal de Abello-Linde, 2015).

I.5. FIBRA BRUTA

La fibra bruta (FB) engloba a las partes comestibles de plantas o carbohidratos análogos, resistentes a la digestión y la absorción en el intestino delgado humano con fermentación en el intestino grueso (Martínez y García, 2001).

La fibra tiene varias funciones físico-químicas, como son la fijación de agua y la variación de la viscosidad del producto final, lo que aporta beneficios fisiológicos como la prevención del estreñimiento facilitando el tracto intestinal, el descenso del nivel de colesterol en sangre y la regulación de los niveles de glucosa en sangre (García y Velasco, 2007).

No existe todavía una definición única que englobe los distintos componentes de la fibra bruta y sus funciones. Desde un punto de vista químico, se puede definir como la suma de lignina y polisacáridos no almidón. Y desde el punto de vista biológico sería aquella que engloba la lignina y aquellos polisacáridos de los vegetales resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas.

I.5.1. CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA

Desde un punto de vista práctico, se considera apropiado clasificar las fibras según su grado de fermentación, lo que da lugar a dos grupos claramente diferenciados, el de las fibras totalmente fermentables y el de las parcialmente fermentables (García y Velasco, 2007).

Fibra totalmente fermentable o soluble

Comprende aquellas fibras en las que la celulosa es un componente esencial y la lignina se combina de forma variable. Se incluyen también algunas hemicelulosas. En la dieta humana existen fuentes importantes de este tipo de fibra, como los cereales integrales, el centeno y los productos derivados del arroz.

Fibra parcialmente fermentable o insoluble

Dentro de este grupo se incluyen las gomas, mucílagos, pectinas y algunas hemicelulosas. Recientemente se han incluido además otras fibras, por su transcendencia: almidones resistentes, la inulina, los fructooligosacáridos y los galactooligosacáridos.

I.5.2. IMPORTANCIA DE LA FIBRA EN LA DIETA

La fibra es un componente importante debido a sus propiedades beneficiosas sobre el organismo. Estas propiedades dependerán directamente del grado de fermentación de la fibra.

Tanto la fibra soluble como la insoluble se pueden encontrar en diversos alimentos, siendo el origen de todos ellos exclusivamente vegetal. Concretamente la fibra soluble se encuentra en legumbres, frutas, verduras y también en ciertos cereales como cebada y avena, y la fibra insoluble en cereales y sus derivados, especialmente en sus variedades integrales.

Para conseguir una dieta equilibrada con una proporción adecuada de fibra, hemos de tener en cuenta que no sólo los cereales son ricos en ella. La fibra de las frutas tiene una composición más equilibrada que la de los cereales y mayor proporción de fibra fermentable. No obstante, el

I. INTRODUCCIÓN

consumo habitual de una dieta con excesivo aporte de fibra no está exento de complicaciones (García y Velasco, 2007).

A continuación se presenta la Tabla 1 con la recomendación de ingesta de fibra diferenciando por rango de edad y por sexo. Para edades inferiores a un año no están definidas las recomendaciones de ingesta de fibra.

Tabla 1. Recomendaciones ingesta de fibra (g/día) (adaptado de García y Velasco, 2007).

Edad (años)/Sexo	Varón	Mujer
1-3	19	19
4-8	25	25
9-13	31	26
14-18	38	36
19-30	38	25
31-50	38	25
51-70	30	21
>70	30	21
Gestación	-	28
Lactancia	-	29

Efecto fisiológico sobre el tracto gastrointestinal

Las fibras muy fermentables, solubles y viscosas estimulan la salivación y retrasan el vaciamiento gástrico. En general la velocidad de absorción de los nutrientes se ve ralentizada en el intestino delgado, pues al aumentar la viscosidad del bolo alimenticio disminuye la interacción de los nutrientes con las enzimas digestivas y retrasa la difusión a través de la capa acuosa (García y Velasco, 2007). En el colon es donde la fibra ejerce sus máximos efectos: además de diluir el contenido intestinal, sirve de sustrato para la flora bacteriana, capta agua y fija cationes.

Debido a su capacidad para retener agua, la fibra, en especial la insoluble, produce un aumento del bolo fecal, con heces más blandas que disminuyen la presión intraluminal del colon. Al mismo tiempo, el hinchamiento del bolo fecal aumenta el peristaltismo, reduciendo el tiempo de tránsito intestinal; es, por tanto, fundamental en la prevención y el tratamiento del estreñimiento.

Efecto prebiótico

Se define como prebiótico aquel componente no digerible de los alimentos que resulta beneficioso para el huésped porque produce una estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una o varias bacterias en el colon.

El efecto prebiótico de un hidrato de carbono se valora en función de su capacidad de estimular la proliferación de bacterias "saludables" o deseables (bifidobacterias y lactobacilos) en disminución del crecimiento de las no deseables (bacteroides, clostridia, *E. coli*), (García y Velasco, 2007). Las bifidobacterias, presentes en el intestino, han mostrado efectos beneficiosos como la síntesis de vitamina B, la inhibición del crecimiento de gérmenes patógenos, disminución del pH intestinal,

I. INTRODUCCIÓN

disminución del colesterol, protección de infecciones intestinales, estimulación de la función intestinal y mejora de la respuesta inmune. Los lactobacilos también presentan efectos saludables similares a los de las bifidobacterias, además de prevenir el crecimiento de microorganismos perjudiciales para el organismo.

No todas las fibras o carbohidratos no digeribles tienen actividad prebiótica. De hecho las bacterias prefieren metabolizar los carbohidratos de tamaño pequeño, como los oligosacáridos más que los de tamaño superior, como los polisacáridos. En la actualidad existen tres carbohidratos permitidos en Europa con probada eficacia prebiótica: la inulina, los fructooligosacáridos y los galactooligosacáridos.

Efecto sobre los niveles de glucosa en sangre

La fibra soluble puede ralentizar la digestión y la absorción de hidratos de carbono y, por consiguiente, reducir el incremento de glucosa en sangre que se produce después de la ingesta (postprandial) y la respuesta insulínica. Esto puede contribuir a que las personas diabéticas tengan un mejor control de la glucemia (EUFIC, 2005).

Efecto sobre el colesterol sanguíneo

La fibra también actúa en la prevención de la enfermedad cardiaca coronaria y en mejorar los perfiles de lípidos en sangre. La fibra de consistencia viscosa, como la pectina, el salvado de arroz o el de avena, reducen el colesterol sérico total y el nivel de colesterol-LDL (EUFIC, 2005).

I.6. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Durante las últimas décadas, la demanda de los consumidores en el campo de los alimentos producidos por las empresas ha cambiado considerablemente. Por esta razón, hoy en día, el papel de las empresas no sólo consiste en saciar y proveer de los nutrientes necesarios, sino también contribuir a prevenir ciertas enfermedades a través de una alimentación saludable, y mejorar el bienestar físico y mental de los consumidores (Betoret et al., 2011). En este contexto, ha habido un reconocimiento especial al papel de la fibra en la dieta humana en la última década del siglo XX, con especial interés en la proveniente de los cereales. Diversos estudios epidemiológicos han puesto de relieve la relación que existe entre las dietas con un ingesta inadecuada de fibra y la aparición de ciertas patologías denominadas “occidentales” como el cáncer de colon, enfermedades cardiovasculares, alteraciones en el ritmo y tránsito intestinal, etc. (García y Velasco, 2007).

Actualmente, se recomienda a los consumidores que incrementen el consumo de productos vegetales (frutas, cereales, leguminosas, etc.) en sus dietas y a la industria de alimentos, para que «enriquezcan» sus productos con fibra alimentaria o con algunos componentes de ella, hoy en día considerados como fitoquímicos (García et al., 2008). De acuerdo con las recomendaciones actuales, la cantidad diaria ingerida de FB por un adulto debería ser superior a 25g. (Cervera et al., 2013).

La pasta es un alimento amiláceo ampliamente difundido y consumido en el mundo, con 13,5 millones de toneladas producidas en 2011 (IPO, 2011). Por este motivo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Food and Drug Administration (FDA) consideran que la pasta es un buen vehículo para la adición de nutrientes, para así prevenir enfermedades y mejorar la salud de los consumidores. Además, la adición de fibra a la pasta ha redundado en una reducción del índice glucémico, con lo que las personas diabéticas no tendrían tantos problemas al consumir este tipo de pasta (Brennan y Tudorica, 2008).

I. INTRODUCCIÓN

Se trata de un producto incluido en la dieta mediterránea y muy apreciado por su facilidad de transporte, manipulación, cocinado y almacenamiento. Se encuentra en el mercado en dos grandes categorías. Por un lado la pasta seca, la de mayor consumo y con una vida útil larga (hasta tres años) y, por otro, la pasta cruda, un segmento de mercado más pequeño pero que crece con mayor rapidez. Según datos del Panel de Consumo Alimentario del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), los españoles consumimos 4 kilos de pasta en el año 2014. Se ha reducido en un 2,1% con respecto al consumo del año anterior cifra bastante alejada de los 26 kilos que comen los italianos. Por otra parte, y según los datos aportados por la consultora SymphonyIRI para el TAM de marzo de 2011, la comercialización de pasta cruda ascendió un 3,2%, siendo la rellena la más demandada con un 67,1% del volumen.

Varios autores han intentado mejorar las propiedades nutricionales de la pasta incluyendo la suplementación con proteína, fibra dietética, vitaminas y minerales, o sustituyendo total o parcialmente la sémola de trigo duro por harinas no convencionales, como las de guisantes (Torres et al., 2007), frijoles (Gallegos-Infante et al., 2010), cacahuets (Howard et al., 2011), amaranto (Borneo y Aguirre, 2008), quinoa y avena (Chillo et al., 2009), maíz (Gómez et al., 2011), e incluso banana (Ovando-Martínez et al., 2009). **En este trabajo se ha incorporado la harina de chufa como fuente de fibra dietética en las diferentes formulaciones.**

Desde un punto de vista tecnológico, la sustitución de la harina de trigo duro por otras harinas de origen vegetal representa un desafío pues se produce una disminución en el contenido de gluten y por tanto una pasta de calidad inferior (Granito et al., 2003). Por lo tanto, el diseño de nuevas formulaciones requiere del estudio de las características en cuanto a textura y comportamiento en la cocción que validen su utilización. Por otra parte, la pérdida de compuestos solubles durante la cocción está relacionada, entre otros factores, con la estructura que se haya constituido durante la formación de la pasta. Una estructura menos cohesionada (con menor presencia de gluten) podría suponer una mayor facilidad de estos compuestos para solubilizarse y, en consecuencia, una mayor pérdida de valor nutricional de la pasta lista para consumir. En trabajos realizados con anterioridad se ha buscado optimizar formulaciones de pasta fresca con incorporación de chufa y de hidrocoloides desde el punto de vista de la aceptabilidad del producto por parte del consumidor, es decir, analizando su comportamiento en la cocción, su textura y su color (Gea, 2014; Hernández, 2015). **En el presente trabajo se pretende evaluar el efecto que dicha incorporación tiene sobre el valor nutricional de la pasta recién elaborada y lista para consumir**, para optimizar así los potenciales beneficios en la salud derivados de la incorporación de fibra dietética en este producto (menores pérdidas de solubles).

I.7. HARINA DE CHUFA (CYPERUS ESCULENTUS L.)

Según el Consejo Regulador de la Denominación de Origen de Valencia, la chufa es el tubérculo de la variedad-población de chufa *Cyperus sculentus L. var. Sativus Boeck.*, de diversas formas y tamaños, de piel fina, con tejido suberificado y elevado contenido en grasa y azúcares. La así denominada Chufa de Valencia, es la chufa recolectada, lavada, secada, con una humedad comprendida entre 6,5 y 12% y seleccionada, con un calibre superior a 3 mm. Las chufas seleccionadas deben presentar un aspecto típico, estar sanas, enteras, limpias y exentas de alteraciones que puedan perjudicar su consumo y conservación.

En la chufa el componente mayoritario son los hidratos de carbono, seguidos de los lípidos y las proteínas. El mayor porcentaje entre los hidratos de carbono corresponde al almidón, que viene seguido de la sacarosa y pequeñas cantidades de α y β -glucosa, fructosa y galactosa (Morell y Barber, 1983). Su contenido en lípidos es elevado, incluso mayor que para los cacahuets y las nueces. Cabe destacar su riqueza en ácidos grasos insaturados y en especial el ácido oleico (Linssen et al., 1988, Coskumer et al., 2002). En el caso de las proteínas, la fracción mayoritaria es la albúmina y en menor proporción se encuentran las globulinas, glutelinas y prolaminas (Morell y Barber, 1983).

I. INTRODUCCIÓN

Para la harina de chufa, los componentes mayoritarios son los lípidos e hidratos de carbono, además de ser rica en fibra. Tiene un alto aporte energético, 496,8 Kcal/100 g, y un bajo contenido en humedad, alrededor de un 4%. Esta harina tiene diversos beneficios para la salud, siendo un producto perfecto para celíacos al no contener gluten y para personas que requieran un aporte extra de fibra en su dieta. Ayuda a regular el tránsito intestinal y previene la aparición de colesterol-LDL y de los triglicéridos debido al aporte de ácido oleico además de ser muy beneficiosa para el sistema cardiocirculatorio (Portal Empresa Tigernuts, 2015).

Varios estudios realizados sobre los beneficios que tiene la fibra dietética de chufa están centrados en el tratamiento y la prevención de enfermedades como puede ser el cáncer de colon o los infartos debido a que su ingesta supone una menor cantidad en sangre de colesterol-LDL, colesterol-HDL y triglicéridos (Anderson y Akanji, 1991; Trowel, 1975). Además la disminución de la diabetes y desórdenes gastrointestinales se produce en poblaciones que ingieren alimentos con alto contenido en fibra (Ade-Omowaye et al., 2008 y Anderson et al., 1994).

I.8. HIDROCOLOIDES

Según el Reglamento 1333/2008 del 16 de diciembre de 2008, un aditivo alimentario es toda sustancia que normalmente no se consume como alimento en sí misma ni se use como ingrediente característico de los alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada –con un propósito tecnológico– a un alimento durante su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento tenga por efecto, o quepa razonablemente prever que tenga por efecto, que el propio aditivo o sus subproductos se conviertan directa o indirectamente en un componente del alimento.

El grupo de los hidrocoloides es un amplio grupo de polímeros de cadenas largas que se caracterizan por su propiedad de formar dispersiones viscosas y/o geles cuando se mezclan con agua.

Los hidrocoloides tienen una amplia gama de propiedades funcionales, incluyendo entre otras la espesante, gelificante, emulsionante, estabilizante, etc. La razón principal de la amplia utilización de éstos en la industria alimentaria es su capacidad de modificar la reología de los sistemas alimentarios. Los hidrocoloides utilizados en las formulaciones pueden añadirse en *quantum satis* (Código alimentario español, 17 de octubre 1967).

I.8.1. GOMA DE GARROFÍN (E- 410)

Los galactomananos se obtienen de los semillas de distintas leguminosas. Se solubiliza totalmente a 80°C y actúa básicamente como espesante, aumentando la viscosidad de sistemas acuosos o lácticos. Es resistente a tratamientos a altas temperaturas y es poco sensible a los efectos mecánicos. Mantiene su estabilidad aplicada en productos que se almacenan a temperatura ambiente. Tiene efecto sinérgico con el κ -carragenato y con la goma xantana, formando geles elásticos y cohesionados. Este hidrocoloide se aplica en una amplia gama de sistemas en alimentación como estabilizante o espesante, y en algunos casos como modificador de textura (Cubero et al., 2002).

I.8.2. GOMA XANTANA (E- 415)

Se obtiene de la fermentación de la dextrosa por la bacteria *Xanthomonas campestris*, y está constituida por una estructura básica celulósica con ramificaciones de trisacáridos. Es completamente soluble en agua fría o caliente y produce elevadas viscosidades en bajas concentraciones, además de poseer una excelente estabilidad al calor y pH, pues la viscosidad de sus soluciones no cambia entre 0 y 100°C y 1 a 13 de pH (Pasquel, 2001).

I. INTRODUCCIÓN

Es sinérgica con la goma de garrofín, dando lugar a geles elásticos, muy cohesionados y termorreversibles, y también es sinérgica con la goma guar, aumentando la viscosidad del producto (Cubero et al., 2002).

1.8.3. CARBOXILMETILCELULOSA (E- 466)

Entre sus múltiples propiedades se encuentra que es un buen ligante del agua del medio con buena funcionalidad tanto en agua fría como en agua caliente, usándose principalmente para controlar la viscosidad en un producto sin gelificar (BeMiller, 2008). También puede considerarse como una fibra soluble debido a su solubilidad en agua fría siendo muy útil para incrementar el contenido de la misma en alimentos líquidos. Su uso es compatible con otras gomas, para minimizar la posible sinéresis, como almidones y alginato.

CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

II. OBJETIVOS

II.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la variación del perfil nutricional de una pasta alimenticia “fuente de fibra” en la que ha sido sustituida parcialmente sémola de trigo duro por harina de chufa, con y sin incorporación de hidrocoloides, a través de la comparación de la pasta fresca recién elaborada y la pasta una vez cocida con el fin de obtener un producto con un óptimo valor nutricional (mínimas pérdidas posibles), con especial hincapié en el contenido en fibra.

II.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar la composición química (agua, proteínas, lípidos, cenizas, fibra bruta y carbohidratos) de las materias primas utilizadas en la elaboración de las formulaciones de pasta estudiadas (sémola de trigo duro, harina de chufa y huevo líquido pasteurizado), así como de otras materias primas que son potenciales de uso en futuras investigaciones (harina de trigo duro y salvado de trigo blando).
2. Analizar los cambios producidos por la incorporación de harina de chufa en el contenido en agua, proteínas, lípidos, cenizas, fibra bruta y carbohidratos digeribles de la pasta fresca después de la cocción. Comparar los resultados con los obtenidos en pasta 100% sémola de trigo duro (control).
3. Evaluar las pérdidas en dichos componentes durante la cocción.
4. Determinar el efecto de la adición de tres agentes estructurantes (Carboximetilcelulosa (CMC), Goma Xantana (GX) y Goma de Garrofín (GG)) en las mismas propiedades descritas en los puntos 2 y 3.
5. Seleccionar la combinación de CMC, GX y GG más adecuada para asegurar la máxima calidad nutricional de las pastas elaboradas (análisis de superficie de respuesta).

II.3 PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo y tareas específicas para la consecución de los objetivos propuestos son:

1. Revisión bibliográfica de los siguientes temas: pasta fresca, pasta enriquecida, hidrocoloides, carboximetilcelulosa, goma garrofín, goma xantana, chufa, valor nutricional de pasta.
2. Determinación en las formulaciones control (100% sémola de trigo duro) y de pasta formulada con harina de chufa (después de la cocción), del contenido en: agua, proteínas, lípidos, cenizas, fibra bruta y carbohidratos digeribles.
3. Evaluar las pérdidas de solubles en ambas formulaciones (la control y la formulada con harina de chufa) a partir de los parámetros descritos en el punto 2 (experimentales para la pasta cocida y calculados a partir de la composición de la materia prima para la pasta sin cocer).
4. Estudio del efecto de la adición de los hidrocoloides carboximetilcelulosa (CMC), goma de garrofín (GG) y goma xantana (GX) a las formulaciones de pasta fresca, y optimización de las formulaciones:
 - 4.1. Realización de un diseño experimental para el análisis de superficie de respuesta con tres factores (concentraciones de CMC, GX y GG).

II. OBJETIVOS

- 4.2. Obtención de pasta fresca a partir de las formulaciones del diseño experimental del punto 4.1.
- 4.3. Determinación, en el producto cocido, de los mismos parámetros descritos en los puntos 2 y 3.
- 4.4. Selección de la combinación de CMC, GX y GG más adecuada en base a los parámetros determinados en el punto 4.3.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. MATERIAS PRIMAS

Para llevar a cabo la elaboración de las distintas formulaciones se utilizaron las siguientes materias primas: sémola de trigo duro con 65% de extracción (Sd), harina de chufa (Hc), huevo líquido pasteurizado (H), agua potable (A) e hidrocoloides: carboximetilcelulosa (CMC), goma xantana (GX) y goma garrofín (GG).

La sémola de trigo duro, con extracción del 65%, fue suministrada por un proveedor de la industria agroalimentaria Harineras Villamayor, S.A. (Huesca, España). La harina de chufa se adquirió en la empresa Tigernuts Traders S.L. (L'Eliana, Valencia), productora de chufa y derivados. El huevo líquido pasteurizado proviene de la empresa Avícola Llombai S.A. (Llombai, Valencia). Los hidrocoloides fueron suministrados por la empresa EPSA S.A. (Torrent, Valencia). Por último, era necesario que el agua fuera potable siempre, por lo que se abasteció de la red local de agua del laboratorio.

Tabla 2. Composición química de las materias primas (Sd: Sémola de trigo duro, Hc: Harina de chufa, H: Huevo líquido pasteurizado) empleadas en el presente estudio (Fuente: Proveedores).

	Sd	Hc	H
Humedad (%)	15	4,5	77,5
Proteína (%)	12	4,94	11
Lípidos (%)	-	17,0	9
Grasas saturadas	-	2,2	-
Carbohidratos digeribles (%)	70	54,7	1
Fibra bruta (%)	0,3	11,2	-
Cenizas	0,9	-	0,6

III.1.1. HIDROCOLOIDES

Los hidrocoloides utilizados son: carboximetilcelulosa (E-466), goma xantana (E-415) y goma garrofín (E-410). La Tabla 2 muestra las características suministradas por el proveedor.

Tabla 3. Composición química de los hidrocoloides empleados en este estudio. CMC: Carboximetilcelulosa, GX: Goma Xantana, GG: Goma Garrofín (Fuente: EPSA S.A, 2015).

	CMC	CX	GG
Humedad (%)	10	15	12
Cenizas (%)	-	13	1
Pureza (%)	99,5	91-108	-

III.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PASTA COCIDA

Para una visualización más directa se incluye un diagrama de flujo que marca las etapas del proceso.

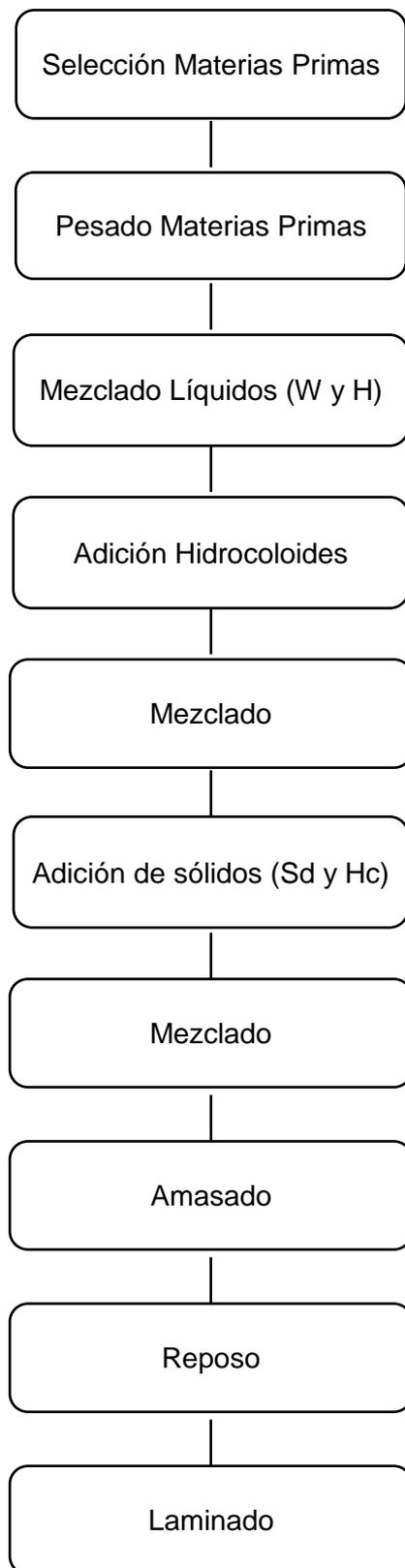


Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de la pasta alimenticia en el presente trabajo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se detalla en que consistió cada uno de los pasos en el proceso de elaboración de las formulaciones.

Etapa 1. Selección y dosificación de los ingredientes

Antes de empezar el proceso de elaboración se procedió a seleccionar las materias primas para asegurar su correcto estado. Todos los ingredientes, tanto sólidos (sémola de trigo, harina de chufa e hidrocoloides) como líquidos (huevo y agua) se dosificaron en la misma balanza con una precisión de 0,001g (modelo PFB 300-3, Kern & Sohn GmbH, Balingen).

Etapa 2. Mezclado ingredientes

En esta operación se mezclan todos los ingredientes, tanto los sólidos como los ingredientes líquidos, en un equipo Thermomix modelo TM-31 (Vorwerk España M.S.L., S.C., Madrid). Con el orden establecido de incorporación de los ingredientes en la Thermomix se pretendía aumentar el rendimiento del proceso, al perder menor cantidad de ingredientes en las paredes y cuchillas del equipo, además de ser óptimo al obtener como resultado una masa compacta y homogénea.

Por tanto, primero se introducen las materias primas líquidas compuestas por el huevo pasteurizado y el agua potable, los cuales se mezclan inicialmente durante 15 s a velocidad 2. Seguidamente, se incorporan los hidrocoloides referentes a cada formulación y se mezclan durante 30 s a velocidad 4. Para terminar, se añaden las harinas previamente homogenizadas en un bol y se mezcla durante 45 s a velocidad 4.

Etapa 3. Amasado y Reposo

Tras obtener la masa en la operación de mezclado, ésta fue sometida a un proceso de amasado en la Thermomix durante 2 min y 30 s, a velocidad espiga. La masa obtenida se mantuvo en reposo 5 min dentro del equipo fomentando la formación de la red proteica, y una vez transcurrido ese tiempo se realizó un segundo amasado de 2 min y 30 s a velocidad espiga. Al terminar el segundo amasado se unificó la masa manualmente (recogiendo los posibles depósitos en las paredes de la thermomix) otorgando forma de bola a la masa, la cual se deja reposar durante 20 min en una bolsa cerrada herméticamente para evitar su desecación.

Etapa 4. Laminado

Una vez finalizado el tiempo de reposo, se procedió a laminar la bola de masa reposada pasándola por una laminadora-formadora-cortadora (modelo Simplex SP150, Imperia, Italia) acoplada a un motor eléctrico que lamina la masa siempre a la misma velocidad dándole así un aspecto más uniforme. Se dejó reposar la lámina obtenida de 1mm de espesor durante 5 min en un soporte especial para pasta para que pierda algo de humedad superficial.

III.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño de las formulaciones a evaluar en este trabajo se obtuvo tras realizar algunos ensayos preliminares en base a estudios previos del grupo de investigación y a los ensayos preliminares realizados para estandarizar tanto la proporción sólidos-líquidos de la mezcla como las etapas de elaboración. Se llevó a cabo un diseño experimental basado en combinar diferentes cantidades de los tres tipos de hidrocoloides deseados (CMC, GG y GX), y considerando la misma proporción sólidos:líquidos (71:29). Las formulaciones a evaluar en este estudio se eligieron en base a un diseño de Box-Behnken creado con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.I versión 16.1.17 (StatPoint Technologies, Inc., 2011). Los límites inferiores y superiores y el punto central del diseño fueron codificados como -1, +1 y 0 respectivamente, y se eligieron de acuerdo a ensayos previos (-1 equivale a 0%, +1 a 0,8% y 0 a 0,4%, todas concentraciones en peso de cada

III. MATERIALES Y MÉTODOS

goma). La matriz consta de 15 experimentos, cuatro de los cuales son réplicas y se desarrollaron siguiendo el orden aleatorio indicado en la Tabla 4. Además, se evaluaron tanto la formulación control elaborada con 100% sémola de trigo duro como la formulación elaborada con harina de chufa pero sin hidrocoloides (CH0).

El contenido de fibra dietética de todas las formulaciones ensayadas se sitúa en torno al 4% (calculado a partir de la composición de la sémola y la chufa), pudiendo por tanto catalogarse como un producto “fuente de fibra” según el Reglamento nº 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, que entró en vigor el 1 de julio de 2007 (Diario Oficial de la Unión Europea L 404 de 30 de diciembre de 2006) (Consejo Europeo, 2006).

Con la intención de evitar variaciones innecesarias en la composición de las formulaciones, se partió tanto del mismo lote de sémola de trigo duro de extracción del 65% y harina de chufa como del mismo lote de huevo pasteurizado y de los diferentes hidrocoloides.

Las formulaciones de pasta fueron elaboradas tal y como se describe en el punto III.2., y analizadas una vez cocidas (apartado III.4). Se evaluó la composición final en agua, cenizas, proteína, grasa y fibra bruta (apartado III.5).

Tabla 4. Composición de las distintas formulaciones (Sd: Sémola de trigo duro, Hc: Harina de chufa, H: Huevo líquido pasteurizado, A: Agua potable, CMC: carboximetilcelulosa, GX: goma xantana, GG: goma garrofín) (cantidades expresadas en g/100 g pasta).

	Sd (%)	Hc (%)	H (%)	A (%)	CMC (%)	GX (%)	GG (%)
FC	71	0,0	13	16	0,0	0,0	0,0
CH0	42,6	28,4	13	16	0,0	0,0	0,0
CH1	40,6	28,4	13	16	0,8	0,8	0,4
CH2	41,4	28,4	13	16	0,0	0,8	0,4
CH3	41,4	28,4	13	16	0,4	0,0	0,8
CH4	41,4	28,4	13	16	0,8	0,0	0,4
CH5	41,4	28,4	13	16	0,4	0,4	0,4
CH6	40,6	28,4	13	16	0,4	0,8	0,8
CH7	41,4	28,4	13	16	0,4	0,4	0,4
CH8	42,2	28,4	13	16	0,0	0,4	0,0
CH9	42,2	28,4	13	16	0,0	0,0	0,4
CH10	41,4	28,4	13	16	0,4	0,8	0,0
CH11	41,4	28,4	13	16	0,8	0,4	0,0
CH12	42,2	28,4	13	16	0,4	0,0	0,0
CH13	41	28,4	13	16	0,4	0,4	0,8
CH14	40,6	28,4	13	16	0,8	0,4	0,8
CH15	41,4	28,4	13	16	0,4	0,4	0,4

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.4. ENSAYOS DE COCCIÓN

Los ensayos de cocción se realizaron por triplicado para cada tipo de formulación elaborada según el método AACC 16-50 (AACC, 2000). En ellos se emplean 25 g de pasta cruda, laminada a 1 mm de espesor y cortada a 7 cm de longitud incorporados en 300 mL de agua desionizada. Se realiza la cocción en vaso de precipitados ya que será más fácil mantener constante los mL de agua y se mantiene hirviendo a una temperatura y en agitación continua para evitar que los tallarines se adhieran entre sí y dificulten su posterior análisis.

El volumen de agua se mantuvo constante en la mayoría de los casos de manera que por lo general fue necesario añadir agua en el punto de ebullición. El tiempo medio de cocción empleado fue de 4 min, valor de referencia establecido para la pasta cruda 100% sémola de trigo duro. Una vez transcurrido el tiempo, la pasta fue enfriada empleando 50 mL de agua desionizada fría para interrumpir el proceso de cocción, y finalmente escurrida durante 2 min, eliminando así la mayor parte de agua y humedad superficial.

III.5. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA PASTA COCIDA.

Los parámetros analizados fueron medidos por triplicado con la finalidad de conocer la composición nutricional de las diferentes formulaciones de pasta presentadas anteriormente mediante los siguientes análisis:

III.5.1. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

El fundamento de la determinación del contenido en humedad se basa en la pérdida de peso de una muestra relacionada con la pérdida de agua al someterla a temperaturas de evaporación con la desecación directa de la muestra, en estufa con aire forzado a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta pesada constante, calculando la humedad por diferencia de peso.

El método experimental para la determinación del contenido en materia seca ha consistido en introducir aproximadamente 2 g de muestra en un crisol de porcelana previamente pesado y tarado, a continuación, colocarlo en la estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta peso constante. Se deja enfriar en el desecador y a continuación se determina el peso de la muestra desecada. (MAPA, 1993).

III.5.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO MINERAL TOTAL

El fundamento de la determinación del contenido en cenizas del material vegetal es la destrucción de la materia orgánica mediante la incineración en mufla a 525°C . Esta mineralización es aplicable a todos los elementos excepto aquellos donde se especifique otro procedimiento (MAPA, 1993).

El método experimental para la determinación del contenido en cenizas del material vegetal ha consistido en pesar aproximadamente 2 g de muestra desecada triturada en un crisol de porcelana previamente pesado y tarado. Se introduce en el horno de mufla, se eleva la temperatura a 525°C y se mantiene así durante cinco horas. A continuación, se deja enfriar, observando que las cenizas obtenidas son generalmente claras y posteriormente se procede a su pesado.

III.5.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN NITRÓGENO TOTAL Y PROTEÍNAS

El método en el que se fundamenta la determinación del N total es el método Kjeldahl, en el cual los compuestos orgánicos se digieren en medio de ácido sulfúrico concentrado dando como resultado sulfato amónico, dióxido de carbono y agua principalmente. La digestión se hace en medio ácido, en una batería de digestión a 420°C con el fin de eliminar la materia orgánica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El método experimental para la determinación del contenido en nitrógeno total ha consistido en primer lugar en realizar una digestión ácida, para la cual se pesa una cantidad aproximada de 0.5 g de material desecado y se pasa a un tubo de digestión, donde se añaden una mezcla de catalizadores y 10 mL de la mezcla de ácidos. Además, se lleva a cabo una muestra en blanco. Posteriormente se sitúa en el bloque digestor a 420°C durante 30 minutos.

Una vez digerido, se procede a la destilación, para la cual se añade 50 mL de agua destilada al tubo que contiene la muestra y se sitúa en la posición del destilador. A la vez se coloca un Erlenmeyer con 15 mL de ácido bórico con indicador que sirve para recoger el NH₃ destilado al añadir NaOH. Posteriormente se valora el producto de la destilación con ácido sulfúrico hasta el viraje de verde a rojo pálido, anotando el volumen de ácido gastado hasta el punto final de la valoración. Conocido dicho volumen se determina el porcentaje de nitrógeno total y, a partir de éste, el contenido de proteínas en la pasta (considerando un factor de conversión 6,25) (MAPA, 1993).

III.5.4 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN FIBRA BRUTA

El fundamento de la determinación de fibra en material vegetal es que la fibra permanece como residuo tras un tratamiento con ácidos y álcalis. El residuo seco obtenido tras el proceso referido a la cantidad exacta de materia seca utilizada nos dará el porcentaje de fibra bruta en materia seca.

El método experimental consiste en la introducción de la muestra seca y molida finamente en las cápsulas de fibra sin residuos, previamente secadas y enfriadas en la estufa para eliminar toda la humedad.

La primera extracción es en medio ácido. Se llena la jarra de extracción (350 mL aprox.) con el H₂SO₄ 0.13 M y se lleva a ebullición en una placa calefactora. A continuación, se introduce el carrusel. Cuando la disolución ácida hierva, se agitan las cápsulas para dispersar la muestra seca, y se mantiene en ebullición 30 minutos, habiendo conectado con anterioridad el refrigerador de agua. Una vez finalizado el primer proceso de extracción, se quita el condensador y se saca el carrusel con las cápsulas. Se deja drenar el líquido de las cápsulas y se introduce en agua desmineralizada caliente en la jarra de extracción, con cuidado de que el nivel de agua no cubra las tapas, dentro de la cual se agita el carrusel para que se produzca un lavado efectivo. Este lavado debe repetirse tres veces renovando el agua en cada ocasión.

A continuación, debe hacerse el mismo procedimiento de digestión, pero en esta ocasión en medio básico, con hidróxido potásico (KOH 0,23 M), con la única diferencia de que antes del último lavado con agua desmineralizada se debe lavar con HCl 1%.

Para el desengrasado final se realiza un lavado con acetona, donde se mantienen y agitan durante 30 segundos, una vez sacado de la acetona, se deja drenar. Finalmente se secan las cápsulas en el soporte en una estufa a 130°C durante 2 horas. Se introducen las cápsulas dentro de los crisoles y se calcinan en la mufla a 525°C durante 5 horas, procurando que al comienzo la mufla esté fría. Pasado este tiempo se para la mufla y se dejan enfriar los crisoles dentro, para luego meterlos en el desecador. Por último se pesan los crisoles con las cenizas.

III.5.5 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN GRASA

El método para determinar el contenido en grasa bruta consiste en la extracción de la grasa empleando éter de petróleo en condiciones determinadas, mediante la metodología Soxhlet. Para esta determinación es necesario un equipo extractor tipo Soxhlet.

Se pesan 20 g de muestra molida, y se introduce en un cartucho de papel doblado y grapado, para evitar las pérdidas de material. Se tara el matraz, desecado en la estufa y enfriado en el desecador, y se introduce el cartucho en el extractor, añadiendo unos 300 mL de éter de petróleo y una vez conectado el matraz, se procede a la extracción, durante unas 4 horas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Transcurrido el tiempo de la extracción se saca el cartucho del extractor y se recupera el éter de petróleo. Llevando el matraz con el extracto y el resto del disolvente a la estufa de desecación a 100°C, durante media hora. Posteriormente se deja enfriar el matraz en el desecador y, en cuanto alcance la temperatura ambiente se pesa. (MAPA, 1993. Modificando el uso de éter etílico por el éter de petróleo).

El porcentaje de grasa bruta sobre sustancia seca viene dado por la ecuación 1.

$$\text{Grasa bruta \% (materia seca)} = \frac{(P1 - P2) \times 100}{P} \quad (\text{Ec. 1})$$

En la que:

P1 = peso (g) del matraz con el extracto etéreo.

P2 = peso (g) del matraz vacío.

P = peso (g) de la muestra seca.

III.5.6. ANÁLISIS DE DATOS

Para la evaluación de los resultados obtenidos de cada uno de los análisis realizados a la pasta fueron examinados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95% y utilizando para las comparaciones múltiples el test LSD. Los datos fueron analizados mediante el Software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.17. (StatPoint Technologies, Inc., 2011).

Asimismo se realizó una optimización de las formulaciones mediante la metodología de superficie de respuesta aplicada a los parámetros analizados. Para ello se empleó el software estadístico comercial Statgraphics Centurion XVI.I v 16.1.17 (StatPoint Technologies, Inc., 2011), que permite obtener los modelos de regresión múltiple, mediante los cuales es posible explicar la influencia que sobre ellos ejercen los hidrocoloides CMC, GX y GG ($P < 0.05$). El análisis de varianza y los coeficientes de determinación (R^2) fueron generados con el mismo software y los gráficos de las superficies de respuesta con el software SigmaPlot v 12.5 (Systat Software, Inc., 2011).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. ANÁLISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

Tal y como se ha descrito previamente, en el presente estudio se ha determinado la composición química de las materias primas empleadas en la elaboración de las formulaciones de pasta (sémola de trigo duro-Sd, harina de chufa-Hc y huevo líquido pasteurizado-H), así como de otras potenciales de uso en futuros trabajos (harina de trigo duro-Hd y salvado de trigo blando-Sb). En la tabla 5 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 5. Medias (desviaciones) obtenidas para la caracterización química de las materias primas empleadas en el presente estudio (% base seca) y valor energético (Kcal/100 g producto). Sd: Sémola de trigo duro, Sb: Salvado de trigo blando, Hc: Harina de chufa, Hd: Harina de trigo duro extracción 74%, H: Huevo líquido pasteurizado, CMC: Carboximetilcelulosa, GX: Goma Xantana, GG: Goma de Garrofin.

	Sd	Hc	Sb	Hd	H	CMC***	GX***	GG***
Humedad	12,3 (0,4)	4,88 (0,12)	4,4 (0,3)	9,1 (0,3)	79 (2)	10	15	12
Proteínas	8,1 (0,3)	3,27 (0,03)	12,6 (0,3)	7,7 (0,3)	10,0 (0,6)	-	-	-
Lípidos	1,5 (0,7)	26,04 (0,14)	6,4 (0,3)	1,21 (0,18)	6,83 (0,98)	-	-	-
Carbohidratos digeribles*	89,4 (0,9)	57,4 (0,6)	55,3 (0,8)	90,4 (0,3)	5,3 (0,2)	-	-	-
Cenizas	0,79 (0,05)	2,19 (0,14)	4,51 (0,14)	0,6 (0,4)	0,60 (0,04)	-	13	1
Fibra bruta	0,22 (0,08)	11,8 (0,6)	21,15 (0,15)	0,17 (0,03)	-	90	72	87
Valor Energético**	403,8	498,9	371,6	403,6	122,7	-	-	-

*Calculados por diferencia.

**Valor energético calculado por la suma de los productos de Proteína por 4, Lípidos por 9, Carbohidratos digeribles por 4 y Fibra por 2 (considerando valores promedio)

***Datos proporcionados por el proveedor (CMC: Quimica Amtex, GX: Shandong Fufeng Fermentation Co., Ltd., China, GG: Lbg Sicilia Srl, Italia).

A continuación se va a realizar la comparación de la composición química de las sémola de trigo duro (Sd), de la harina de chufa (Hc), del salvado de trigo blando (Sb), de la harina de trigo duro extracción al 74% (Hd) y por último del huevo con estudios similares, referenciados bibliográficamente. Para ello se han incluido en el texto los valores experimentales obtenidos en este trabajo expresados en porcentaje sobre el peso total (base húmeda, 14% humedad).

En el caso de la **sémola de trigo duro (Sd)** en estos estudios han sido analizadas diferentes formulaciones de pasta donde una proporción de sémola de trigo duro (Sd) se sustituyó por otras harinas. En relación con el contenido de proteína obtenido experimentalmente, 8,1 (0,3) g/100 g de producto, hay que decir que es inferior a otros estudios en los que también se ha caracterizado la sémola de trigo duro: 12,45 g/100 g (Granito et al., 2003); 11,20 g/100 g (Cuzco, 2014). En cuanto al contenido de lípidos, el obtenido experimentalmente es de 1,5 (0,7) g/100 g de producto, comparando con otros estudios comprobamos que los resultados son similares o ligeramente superiores: 1,33 g/100 g (Ramírez et al., 2012), 0,83 g/100 g (Granito et al., 2003). El porcentaje de carbohidratos digeribles obtenido por diferencia de los componentes evaluados, a excepción de la fibra, es de 89,4 (0,9) g/100 g de producto, siendo este resultado algo superior al obtenido por otros autores: 78,37 g/100g (Ramírez et al., 2012), 71,43 g/100 g (Granito et al., 2003), 71,40 g/100 g (Cuzco, 2014). El contenido en cenizas de la sémola de trigo estudiada es de 0,79 (0,05) g/100 g de producto, resultado similar al de otros estudios: 0,83 g/100g de producto (Ramírez et al., 2012), 0,80 g/100 g de producto (Granito et al., 2003). Por otra parte, los valores obtenidos

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

para la humedad y el contenido en proteína difieren de los proporcionados por el proveedor, siendo éstos últimos superiores (Tabla 2). Los resultados señalados sirven también para la **harina de trigo duro (Hd)**.

La humedad obtenida para la **harina de chufa (Hc)** (4,88 (0,12) g/100g) es muy similar a la proporcionada por el proveedor 4,64 g/100 g (Tabla 2). En cuanto al contenido en proteína obtenido experimentalmente, 3,27 (0,03) g/100 g de producto, es algo inferior al valor proporcionado por el proveedor (4,58 g/100g de producto, Tabla 2). En relación al contenido en lípidos, la harina analizada contenía 26,04 (0,14) g/100 g de producto, dato similar al que nos proporciona el proveedor (24,9 g/100 g de producto, Tabla 2) y se sitúa dentro del intervalo de 23 y 28,3 g/100 g de producto referenciado por Alegría y Farré (2002). El contenido en sales minerales o cenizas, 2,19 (0,14) g/100 g, también se aproxima al obtenido en otros estudios: 1,9 g/100 g de producto (Alegría y Farré, 2002). Al igual que el contenido en fibra obtenido experimentalmente, 11,8 (0,6) g/100 g de producto, en comparación con el intervalo que proporciona esta misma referencia: 9,8 a 11,0 g/100 g de producto (Alegría y Farré, 2002).

La cantidad de proteína obtenida en el **salvado de trigo blando (Sb)** es de 12,6 (0,3) g/100 g de producto, algo superior a la obtenida por Kaur et al. (2010) (9,6 g/100 g producto). El contenido de lípidos obtenido experimentalmente es de 6,4 (0,3) g/100 g de producto, algo más elevado al referenciado por Kaur et al. (2010) (4,07 % p/p). Por otra parte, se han encontrado discrepancias tanto el porcentaje de carbohidratos como en el de fibra entre los valores obtenidos experimentalmente y los encontrados en bibliografía. Así, en el caso de los carbohidratos, nos encontramos con valores entre 21,72 % p/p (referencia), 60,5 % (p/p) (Kaur et al., 2010) y 72,1 (0,3) g/100 g de producto (experimental). Por su parte, en el caso de la fibra, el obtenido ha sido 22,06 (0,15) g/100 g de producto frente a un 33,4 % p/p obtenido por Kaur et al. (2010). Estas diferencias podrían ser debidas a los métodos de extracción del endospermo empleados en cada caso, esto es, a la capacidad de separación de las capas exteriores. En cualquier caso, queda patente, como es ya sabido, el elevado contenido en fibra que puede aportar.

El contenido en agua, proteínas y lípidos del **huevo líquido** fue, respectivamente, de 79 (2) g/100 g, 10,0 (0,6) g/100 g de producto y 6,83 (0,98) g/100 g de producto, valores ligeramente inferiores a los referenciados en bibliografía para el huevo fresco (76,4 g/100 g de producto, 12,5 g/100 g y 11,1 g/100 g de producto, respectivamente) (Barroeta, 2008). Dado que el huevo empleado en este trabajo es huevo líquido pasteurizado, y los datos bibliográficos corresponden a huevo fresco, las diferencias encontradas podrían deberse no sólo a la procedencia del huevo (tipo de gallina, zona geográfica, tipo de explotación, etc.) sino también al proceso de obtención de dicho ovoproducto, especialmente a la temperatura a la que se le somete durante el tratamiento de pasteurización.

IV.2. COMPARACIÓN FÓRMULA CONTROL Y FÓRMULA SUSTITUIDA CON HARINA DE CHUFA

En este apartado se evalúa el efecto que tiene la incorporación de harina de chufa en la formulación de pasta fresca sobre su composición, en términos de contenido en agua, proteínas, lípidos, cenizas, fibra bruta y carbohidratos digeribles, así como en aporte energético (Tabla 6). Los valores se analizaron en pasta cocida (humedad) y en pasta cocida y posteriormente desecada (resto de parámetros). Para realizar la comparación se han expresado todos los valores en base seca (excepto el valor energético). Sólo se considera la formulación con harina de chufa sin adición de hidrocoloides (CH0).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 6. Medias (desviaciones) obtenidas en la caracterización química de la fórmula control (FC) y la fórmula con harina de chufa sin hidrocoloides (CH0) una vez cocidas (% base seca), y valor energético (Kcal/100 g producto).

	Agua	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos digeribles*	Cenizas	Fibra bruta	Valor Energético**
FC	131,1 (10,3)	8,9 (0,9) ^a	1,915 (0,109) ^b	87,7 (0,6) ^a	0,7273 (0,1095) ^b	0,4 (0,2) ^b	404,5
CH0	150,4 (23,2)	8,5 (0,3) ^a	12,8 (0,5) ^a	74,6190 (0,1008) ^b	1,2378 (0,1009) ^a	3,5 (0,3) ^a	454,8

*Calculados por diferencia.

**Valor energético calculado por la suma de los productos de Proteína por 4, Lípidos por 9, Carbohidratos por 4 y Fibra por 2 (considerando valores promedio).

El contenido en fibra bruta de los productos de pasta fresca en la que se ha sustituido la sémola de trigo duro por harina de chufa (CH0) es de 3,5 (0,3) g/100 g, valor significativamente superior al obtenido para la fórmula control (FC), con un contenido en fibra bruta de 0,4 (0,2) g/100 g. Por tanto, la sustitución de un 40% de sémola de trigo duro por harina de chufa ha permitido lograr el principal objetivo de este trabajo, esto es, obtener pasta enriquecida en fibra, alcanzando valores cercanos a 9 veces más en la pasta ya cocida. Ahora bien, el valor mínimo establecido por la legislación (Consejo Europeo, 2006) para poder catalogar el producto como alimento “fuente de fibra” es de 3 g/100 g producto en peso, valor alcanzado en la formulación de pasta CH0 si consideramos el aporte por las materias primas, y también en el producto cocido a pesar de que a la luz de estos resultados queda evidente que disminuye considerablemente durante la cocción.

El mayor contenido de fibra podría ser responsable de la mayor capacidad de absorción de agua experimentada por la muestra CH0, lo cual se refleja en una mayor humedad de la pasta cocida, así como en la disminución significativa en el contenido en carbohidratos digeribles.

Respecto al porcentaje de proteína, las variaciones son mínimas. Además para los dos componentes el análisis estadístico nos revela que no hay diferencias significativas.

Una de las variaciones más llamativas es la diferencia en el contenido de grasa, ya que al utilizar una parte de harina de chufa en la formulación de pasta fresca, el porcentaje de lípidos se ve incrementado en 6 veces su valor: de 1,915 (0,109) g/100 g en la fórmula en la que se emplea sémola de trigo únicamente (FC) a 12,8 (0,5) g/100 g para la formulación CH0. Al igual que en la fibra, el análisis estadístico revela que, efectivamente, hay diferencias significativas entre las 2 formulaciones. Dado que el perfil lipídico de la chufa es rico en ácidos grasos insaturados, especialmente en ácido oleico, este aumento del contenido graso podría resultar incluso beneficioso; de hecho, se ha planteado para futuros estudios la determinación de dicho perfil en las muestras de pasta obtenidas.

También es reseñable el aumento significativo en el contenido en cenizas en la pasta CH0, debido al aporte mineral de la harina de chufa.

Las variaciones observadas, especialmente en lo que se refiere a los lípidos y a la fibra, se traducen en un incremento del aporte calórico desde 403,8 Kcal a 448,6 Kcal/100 g.

IV.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE FORMULACIONES DE PASTA CON SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CHUFA Y EMPLEO DE HIDROCOLOIDES.

Tal y como se ha señalado en el apartado de materiales y métodos, la optimización de la formulación de pasta compuesta enriquecida en fibra a base de sémola de trigo duro y harina de chufa con incorporación de hidrocoloides (CMC: carboximetilcelulosa, GX: goma xantana y GG: goma de garrofín) se realizó empleando la metodología de superficie de respuesta.

El análisis de regresión múltiple se llevó a cabo para evaluar la significancia del efecto (lineal o cuadrático) de los diferentes hidrocoloides utilizados y sus interacciones en las pérdidas de componentes (agua, proteína, cenizas, fibra bruta, carbohidratos digeribles y lípidos) durante la cocción de la pasta. De esta manera se pretendía encontrar, indirectamente, la/as posible/es combinación/nes de hidrocoloides más adecuada/as para obtener una estructura lo suficientemente cohesionada como para evitar lo máximo posible la pérdida del valor nutricional de la pasta formulada con harina de chufa.

Dichos valores de composición fueron, por una parte, calculadas en la pasta fresca recién elaborada a partir de los datos obtenidos experimentalmente para la materia prima empleada en su formulación (Tabla 7), y por otra, fueron determinados experimentalmente en la pasta fresca cocida (Tabla 8).

Tabla 7. Composición química de las formulaciones de pasta fresca sin cocer (% base seca)
Valores calculados a partir de los datos experimentales obtenidos para las materias primas y considerando las proporciones de éstas empleadas en la elaboración de las diferentes formulaciones de pasta.

	Agua	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos digeribles*	Cenizas	Fibra bruta
CH1	48,866	8,219	13,225	69,307	1,681	7,568
CH2	48,906	8,318	13,246	70,244	1,691	6,500
CH3	48,835	8,314	13,240	70,211	1,541	6,694
CH4	48,818	8,313	13,238	70,203	1,535	6,711
CH5	48,862	8,316	13,242	70,224	1,613	6,606
CH6	48,884	8,220	13,226	69,315	1,687	7,551
CH7	48,862	8,316	13,242	70,224	1,613	6,606
CH8	48,884	8,414	13,262	71,153	1,617	5,555
CH9	48,858	8,412	13,259	71,140	1,545	5,644
CH10	48,889	8,317	13,244	70,236	1,685	6,518
CH11	48,844	8,315	13,241	70,215	1,607	6,623
CH12	48,840	8,411	13,258	71,132	1,539	5,661
CH13	48,860	8,267	13,233	69,763	1,614	7,122
CH14	48,840	8,218	13,223	69,295	1,609	7,656
CH15	48,862	8,316	13,242	70,224	1,613	6,606

*Calculados por diferencia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 8. Medias (desviaciones) obtenidas en la caracterización química de las diferentes formulaciones de pasta ensayadas (% base seca) y valor energético (Kcal/100 g producto).

	Agua	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos digeribles*	Cenizas	Fibra bruta	Valor Energético**
CH1	230,5	7,85 (0,12)	11,061 (0,015)	76,9 (0,3)	1,437 (0,099)	3,5 (0,7)	445,4
CH2	142,7	7,89 (0,05)	12,41 (0,07)	75,760 (0,097)	1,32 (0,06)	3,3 (0,3)	452,9
CH3	153,2	8,3 (0,2)	13,3 (0,8)	74,6 (0,4)	1,308 (0,114)	3,3 (0,3)	457,4
CH4	143	8,19 (0,14)	12,9 (0,8)	74,8 (0,6)	1,41 (0,04)	3,433 (0,005)	454,7
CH5	140,1	8,12 (0,08)	12,8 (0,9)	74,8 (1,3)	1,385 (0,007)	3,6 (0,5)	453,8
CH6	145,31	8,2 (0,3)	12,2 (0,2)	75,4 (0,3)	1,392 (0,004)	3,5 (0,5)	451,4
CH7	141,4	8,6 (0,3)	10,8 (0,4)	76,9 (0,8)	1,3205 (0,0109)	3,275 (0,097)	445,5
CH8	161,9	7,7 (0,8)	11,62 (0,99)	76,9 (0,6)	1,32 (0,06)	3,4 (0,6)	449,9
CH9	172,1	8,2 (0,5)	12,43 (1,03)	75,6 (0,4)	1,27 (0,06)	3,33 (0,02)	453,6
CH10	142	8,19 (0,06)	11,4 (1,2)	76,47 (1,18)	1,46 (0,14)	3,2084 (0,0106)	447,2
CH11	129,7	8,0 (0,2)	14,22	73,69 (0,15)	1,55 (0,09)	3,12 (0,05)	460,8
CH12	142	8,4 (0,2)	11,5 (0,4)	76,3 (0,5)	1,17 (0,14)	3,2474 (0,0106)	448,9
CH13	152,1	8,131 (0,098)	11 (2)	76,8 (1,3)	1,52 (0,09)	3,1 (0,6)	447,3
CH14	170,6	7,923 (0,014)	10,9 (0,6)	76,7 (0,8)	1,61 (0,08)	3,59 (0,12)	443,9
CH15	144,4	8,09 (0,08)	12,1 (0,8)	75,8 (0,8)	1,4 (0,2)	3,2 (0,3)	450,6

*Calculados por diferencia.

**Valor energético calculado por la suma de los productos de Proteína por 4, Lípidos por 9, Carbohidratos digeribles por 4 y Fibra por 2 (considerando valores promedio).

La ecuación que representa el modelo de regresión empleado es un polinomio de segundo orden (ecuación 2). En ella cada variable respuesta o parámetro analizado en este estudio (Y) se relaciona con una constante que no tiene en cuenta el efecto de los hidrocoloides (Y_0) y con los coeficientes de regresión β que dan peso a cada uno de los efectos evaluados (gomas CMC, GX y GG, efectos lineales, cuadráticos y sus interacciones). El efecto relativo de cada goma se pudo comparar a partir de los valores β obtenidos en la regresión (Tabla 9). Las representaciones de superficie de respuesta se han generado para las interacciones significativas encontradas de cada par de variables independientes (Figuras 3 y 4), y para tres concentraciones diferentes de la tercera variable (0, 0,4 y 0,8%), con el fin de poder visualizar mejor las relaciones entre cada par de gommas y una determinada variable respuesta y el cambio en dichas relaciones al aumentar la presencia del tercer hidrocoloide.

$$Y = Y_0 + \beta_1 \cdot \text{CMC} + \beta_2 \cdot \text{GX} + \beta_3 \cdot \text{GG} + \beta_4 \cdot \text{CMC} \cdot \text{GX} + \beta_5 \cdot \text{GG} \cdot \text{GX} + \beta_6 \cdot \text{CMC} \cdot \text{GG} + \beta_7 \cdot \text{CMC} \cdot \text{CMC} + \beta_8 \cdot \text{GG} \cdot \text{GG} + \beta_9 \cdot \text{GX} \cdot \text{GX} \quad (\text{Ec. 2})$$

El ajuste del modelo se ha evaluado a partir del análisis de la varianza, principalmente de los valores alcanzados para los coeficientes de regresión (R^2), que proporciona información acerca de en qué medida la variabilidad en los valores obtenidos para las variables respuesta pueden explicarse por los factores experimentales y sus interacciones. En la Tabla 9 se muestran aquellas relaciones que resultaron significativas ($p < 0,05$) y con un valor p del estadístico de Durbin-Watson mayor de 0,05, lo que indica que no hay una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

confianza del 95,0%. Se puede observar que sólo se ha obtenido un buen ajuste al modelo de regresión múltiple ($R^2 > 80\%$ (Yaakob et al., 2012)) para las pérdidas de fibra bruta, aunque se ha considerado también el análisis del índice de absorción de agua (IAA) dado que en este caso el modelo, con un ajuste aceptable ($R^2 \sim 77\%$), indica la dirección que habría que tomar en futuras investigaciones para obtener una óptima respuesta en esta variable al cambiar la concentración de los hidrocoloides utilizados (Figuras 3a-3c).

Los coeficientes del modelo revelan que la presencia de CMC, GX y GG en las formulaciones, en el intervalo de concentraciones ensayadas, afecta en el mismo sentido a la **humedad de la pasta cocida** y al **índice de absorción de agua** (Tabla 9). Así pues, la CMC es la que más influye, ya que presenta un efecto lineal negativo y un efecto cuadrático positivo sobre estos parámetros ($\beta = -1,841$ y $\beta = 1,673$ para IAA), de tal manera que la pasta absorbe menor cantidad de agua en la cocción a medida que se emplea mayor cantidad de este hidrocoloide hasta que se alcanza un mínimo para una concentración de CMC cercana al 0,55%, a partir del cual dicha tendencia comienza a invertirse (Figura 3a). Además, aunque la presencia de goma garrofín no afecta por sí sola significativamente al IAA, aparece una interacción positiva significativa entre este hidrocoloide y CMC ($\beta = 1,673$), que contrarresta el efecto negativo generado por la CMC, aumentando así el IAA (Figura 3a). Esto indica que podría existir un efecto sinérgico entre ambas gomas sobre el IAA alcanzado, lo que supone un aumento de dicho del 10,77% sobre el resultado obtenido si no se emplearan hidrocoloides (considerando la concentración más alta empleada, esto es, 0,8% de cada goma). Por otro lado, en la Tabla 9 se puede observar que la disminución del IAA con el aumento en la concentración de GX es prácticamente inapreciable ($\beta = -0,309$). De hecho, una mayor presencia de esta goma en las formulaciones no afectó al comportamiento descrito (Figuras 3b-c), únicamente son inferiores los valores alcanzados. **En base a estos resultados, parece apropiado, si lo que se quiere conseguir es un mayor IAA que sin el empleo de hidrocoloides, combinar GG (con concentraciones superiores a 0,4%) y CMC (por encima de 0,6%), sin presencia de goma xantana.** Aravind et al. (2012) también encontraron un aumento en la absorción de agua al sustituir con CMC (0-1,5%) la sémola de trigo duro en la elaboración de espagueti, al igual que Komlenic et al. (2006) al incorporar entre 0,15 y 0,75% de CMC en las formulaciones de pasta a base de sémola de trigo duro.

En el caso de las **pérdidas de fibra bruta** en la cocción de la pasta, los resultados revelan que **no parece ventajoso usar ninguno de los tres hidrocoloides empleados en el intervalo de concentraciones ensayado**, al aparecer una relación lineal negativa entre ellos y dicho parámetro, si bien la influencia de la goma xantana es muy baja ($\beta = -0,076$), lo cual también se refleja en la escasa variación de las superficies de respuesta obtenidas para las otras dos gomas (CMC y GG) al aumentar la concentración de GX (Figuras 3d-f). Por su parte, la CMC y la GG parecen tener un peso similar ($\beta = -0,1709$ y $-0,179$ respectivamente). Por otra parte, la relación lineal positiva encontrada al combinar la CMC con la goma garrofín ($\beta = 0,221$) indica que podría mitigar en parte el descenso ocasionado cuando se usan individualmente en las concentraciones ensayadas. Sin embargo, al observar las Figuras 3d-f, no parece que esto suponga en ningún caso mejorar los valores de pérdidas obtenidos sin el empleo de estos hidrocoloides. El hecho de que estas gomas contengan un elevado contenido en fibra soluble, y en concreto un 90% para la CMC y un 87% para la GG (según información de proveedores), podría ser la causa de las mayores pérdidas registradas cuando se han empleado en las formulaciones de pasta. Se encontró un coeficiente de correlación de $-0,60$ y $-0,53$ con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$) entre las pérdidas de fibra bruta y la concentración de CMC y de GG, respectivamente. Un ulterior análisis del contenido en fibra soluble e insoluble de la pasta obtenida puede ayudar a comprobar si esto es así, en cuyo caso la cantidad de fibra insoluble que aporta la harina de chufa no se vería significativamente alterada.

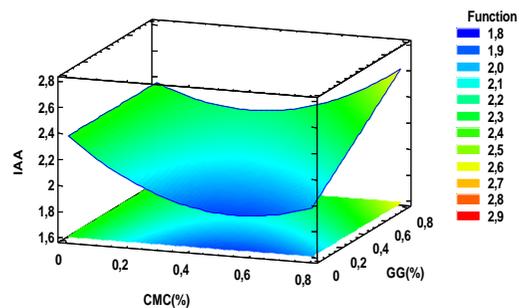
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 9. Valores de la constante (Y_0) y los parámetros β obtenidos del ajuste a los modelos de regresión múltiple para describir la relación entre los hidrocoloides y el contenido en la pasta cocida (g/g materia seca) o las pérdidas/ganancias en la cocción (g perdidos o ganados/g iniciales) de: agua, proteínas, cenizas, carbohidratos digeribles y fibra bruta (se muestran las relaciones significativas $p < 0,05$).

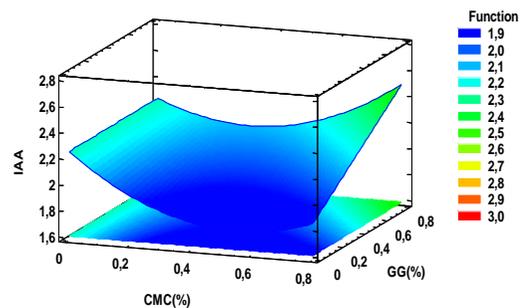
	Agua		Proteínas		Carbohidratos digeribles	Fibra bruta	Cenizas	
	Pasta cocida	IAA ⁽¹⁾	Pasta cocida	Pérdidas	Pérdidas	Pérdidas	Pasta cocida	Pérdidas
Y_0	164,788	2,37276	7,3634	-0,1358	0,0712	-0,3579	1,2223	-0,2061
CMC	-90,115	-1,84147	1,3678	0,1865	-	-0,1709	-	-
GX	-14,9147	-0,309063	-0,3028	-	-	-0,0757	0,5777	0,2632
GG	-	-	-	-	-	-0,1793	-	-
CMC*CMC	81,7524	1,67328	-1,6552	-0,2080	-	-	0,2839	0,1844
GX*GX	-	-	-	-	-	-	-0,5475	-0,3389
GG*GG	-	-	-	-	-	-	-	-
CMC*GX	-	-	-	-	0,0526	-	-	-
CMC*GG	50,1821	1,02787	-	-	-	0,2212	-	-
GX*GG	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor P	0,0032	0,0031	0,0108	0,0128	0,0331	0,0003	0,0028	0,0051
R² (%)	76,8786	76,9624	62,3774	51,6274	30,4167	85,8259	70,7885	67,3653
R² – ajust GL	67,6301	67,7473	52,1166	43,5653	25,0641	80,1563	62,8218	58,4649
Error estándar del estimado	7,0641	0,1445	0,1436	0,0183	0,0153	0,0227	0,0696	0,0434
Error absoluto medio	4,3766	0,0895	0,0968	0,0127	0,0103	0,0143	0,0485	0,0302
Estadístico Durbin-Watson (Valor P)	2,1323 (0,5467)	2,1326 (0,5469)	2,6679 (0,9063)	2,9677 (0,9790)	1,6738 (0,2484)	1,5532 (0,1862)	1,8651 (0,3874)	1,8845 (0,4023)

⁽¹⁾ IAA: índice de absorción de agua

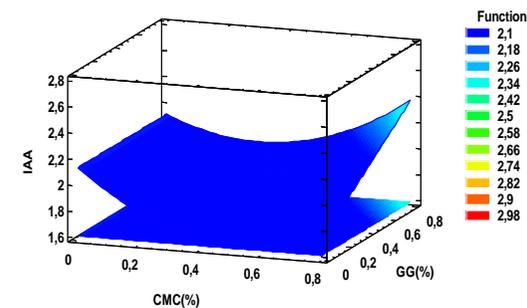
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



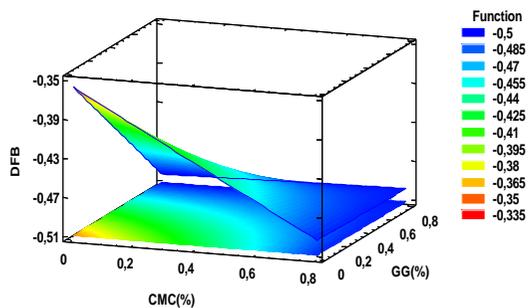
IAA GX=0 (a)



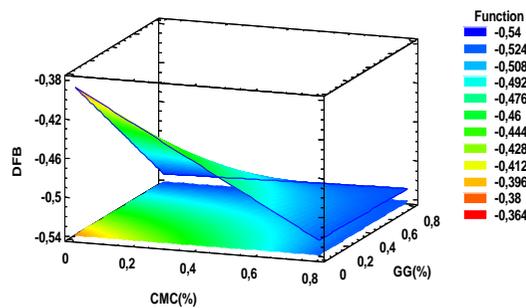
IAA GX=0,4 (b)



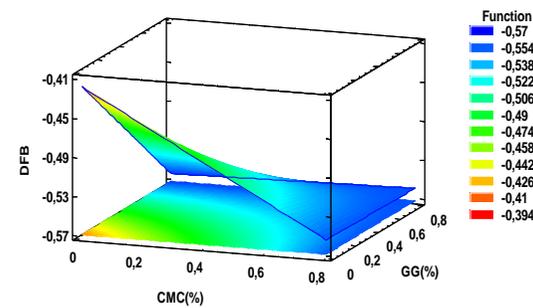
IAA GX=0,8 (c)



Δ FB GX=0 (d)



Δ FB GX=0,4 (e)

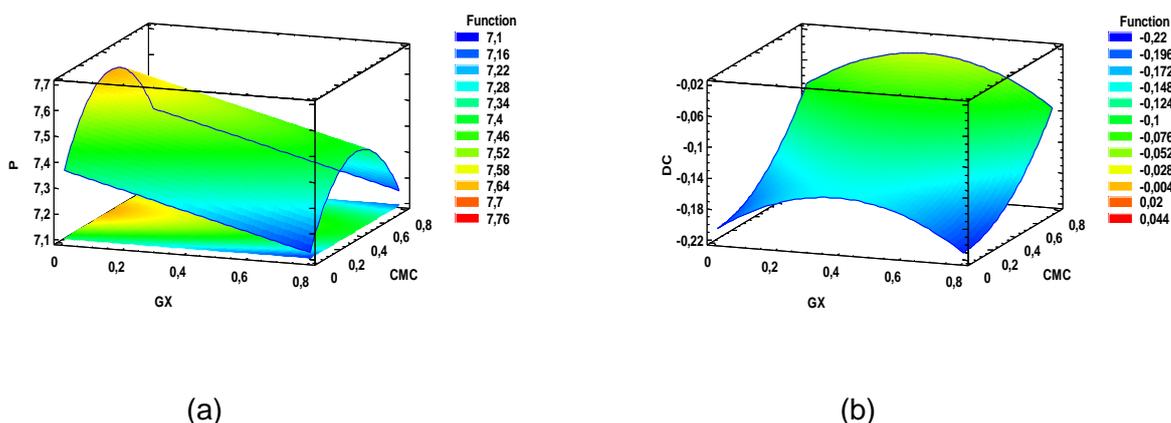


Δ FB GX=0,8 (f)

Figuras 3a-f. Superficies de respuesta para el índice de absorción de agua (IAA, Figuras 3a-c) y las pérdidas de fibra bruta (Δ FB, Figuras 3d-f) en la cocción.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por otra parte, en lo que se refiere a las **proteínas** y a las **cenizas**, aunque el ajuste al modelo de regresión es peor que para el IAA (R^2 entre 51,63-62,38% para las proteínas y 67,37-70,79% para las cenizas), sí es posible observar una tendencia en su comportamiento con la concentración de gomas empleada (Figuras 4a-b). Esto es, **la presencia de goma xantana permite obtener un producto con un ligero mejor contenido mineral a concentraciones intermedias** (de las ensayadas, esto es, cercanas al 0,4%) y apenas influye en el contenido proteico, mientras que el efecto cuadrático obtenido **para la CMC** sobre las pérdidas de proteínas ($\beta = -0,2080$) y de cenizas ($\beta = 0,1844$) revela que **el empleo de concentraciones intermedias** (cercanas al 0,4%) **podría permitir reducir dichas pérdidas** (Figuras 4a-b). Los lípidos, por su parte, no se vieron afectados significativamente por la presencia de estos hidrocoloides. Por último, y en contra de lo esperado, puesto que los hidrocoloides se emplean en la industria de cereales con el objetivo de simular el papel del gluten en la estructuración de la masa dotándola de mayor capacidad de retención de los gránulos de almidón, el modelo de regresión empleado no ha permitido describir la relación entre los hidrocoloides empleados en un intervalo de 0,0 a 0,8 y las pérdidas de carbohidratos digeribles, en su mayoría almidón, experimentadas en la cocción. En cualquier caso, es posible observar a partir de las Tablas 7 y 8 que, efectivamente, **las variaciones importantes que se producen en la cocción se corresponden con la ganancia de agua y las pérdidas de fibra bruta**, lo cual queda reflejado también en el ajuste del modelo propuesto por el método de superficie de respuesta.



Figuras 4a-b. Superficies de respuesta para el contenido proteico de la pasta cocida (P, Figura 4a) y las pérdidas de contenido mineral (C, Figura 4b) en la cocción.

En resumen, si: a) la presencia de goma xantana permite mejorar la estructura de la pasta (como se ha visto en trabajos de investigación previos (Gea, 2014), **b)** el empleo de la combinación de CMC (por encima del 0,6%) con goma garrofín (por encima del 0,4%) permite obtener mayores valores para la capacidad de absorción de agua, sin verse prácticamente afectada por la presencia de GX (como se ha obtenido en este trabajo), **c)** esa misma combinación (CMC y GG) permitiera mantener además el aporte de fibra que supone la sustitución de un 40% de sémola de trigo duro por harina de chufa (especialmente importante en su fracción insoluble), lo cual habría que corroborar en posteriores investigaciones, y **d)** el empleo de goma xantana reduce las pérdidas de contenido mineral y el de CMC las pérdidas proteicas, sin que se vean significativamente reducidos los de lípidos y carbohidratos digeribles, entonces los resultados obtenidos son prometedores, aunque se recomienda continuar la línea de investigación empleando una combinación de los tres hidrocoloides empleados a concentraciones cercanas al 0,6% y determinar contenido en fibra soluble e insoluble, índice glucémico y perfil lipídico.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

1. El efecto de la incorporación de harina de chufa (nivel de sustitución del 40%) en la formulación de pasta fresca permite obtener un producto ya cocido y listo para consumir con:
 - a. un contenido de fibra bruta 9 veces superior a la pasta 100% sémola de trigo duro, con el doble de contenido mineral y similar aporte de carbohidratos digeribles y proteico.
 - b. un contenido graso muy superior (aproximadamente 7 veces más), aunque el aporte de ácido oleico puede ser importante debido a su elevada presencia en la harina de chufa.
2. A pesar de las pérdidas que tienen lugar durante la cocción, la pasta obtenida a base de sémola de trigo duro y harina de chufa presenta un aporte de fibra superior a 3 g/100 g de producto en peso, por lo que puede catalogarse como un alimento “fuente de fibra” de acuerdo con el Reglamento No. 1924/2006 del Parlamento Europeo (Consejo Europeo, 2006).
3. Del análisis de superficie de respuesta se ha podido concluir que:
 - a. El modelo propuesto permitió describir adecuadamente la ganancia de agua y las pérdidas de fibra bruta durante la cocción, sin quedar patente una influencia de la combinación de los hidrocoloides estudiados en las pérdidas de carbohidratos digeribles (almidón).
 - b. El empleo de CMC en concentraciones superiores a 0,6% en combinación con la goma de garrofín por encima de 0,4%, sin el empleo de goma xantana, permite obtener mayores valores de capacidad de absorción de agua. Esto es importante si se tiene en cuenta que un aumento del IAA de las formulaciones puede reducir el tiempo óptimo de cocción.
 - c. No resulta ventajosa la incorporación de las gomas estudiadas al incrementarse las pérdidas de fibra total durante la cocción, aunque habría que analizar el contenido de fibra soluble e insoluble final de la pasta en futuras investigaciones.
 - d. La combinación de CMC y de goma xantana en concentraciones próximas a 0,4% permite obtener, respectivamente, un producto con un mejor contenido mineral o proteico.

Para futuros trabajos se recomienda:

1. Evaluar si la misma combinación mencionada (CMC>0,6% y GG>0,4%) permite mantener el aporte de fibra que supone la sustitución de un 40% de sémola de trigo duro por harina de chufa (especialmente importante en su fracción insoluble), analizando fibra dietética total, insoluble y soluble. En este sentido, cabe mencionar que se comenzó a realizar este tipo de análisis en este trabajo pero no pudieron concluirse por problemas de tiempo.
2. Analizar, en las formulaciones estudiadas, el índice glucémico y el perfil lipídico.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

Vi. BIBLIOGRAFÍA

A.A.C.C. American Association for Clinical Chemistry, (2000). *International approved methods of analysis*, 10. St. Paul, MN, USA.

ADE-OMOWAYE BIO; AKINWANDE BA; BOLARINWA I; ADEBIYI AO. (2008). *Evaluation of tigernut (Cyperus esculentus) wheat composite flour and bread African Journal of Food Science*, 2: 87-91.

AGENCIA ESPAÑOLA DE CONSUMO, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN. (AECOSAN). Consultado el 29 de junio de 2015.
<http://www.aecosan.msssi.gob.es/>

ALEGRÍA TORÁN, A; FARRÉ ROVIRA, R. (2002). *Horchata y salud. Aspectos nutricionales y dietéticos*. Nutrición y Bromatología, Universidad de Valencia.

ANDERSON JW; AKANJI, AO. (1991). *Dietary fiber an overview. Diabetes Care*, 14: 1126-31.

ANDERSON JW; SMITH BM; GUSTAFSON NJ. (1994). *Health benefits and practical aspects of high fiber diets. Ame. J. ClínicaNutr.*, 59: 1242-1247.

ARAVIND, N; SISSONS, M.; FELLOWS C.M. (2012). *Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. Food Chemistry* 131, 893-900.

BARROETA, A.C. *El huevo y sus componentes como alimento funcional*. Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. INSTITUTO DEL HUEVO. Consultado en 2015.
<http://www.institutohuevo.com>

BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. (2011). *Functional foods development: trends and technologies. Trends in Food Science and Technology* 22, 498-508.

Boletín Oficial Del Estado (B.O.E.).
<http://www.boe.es>

BORNEO, R.; AGUIRRE, A. (2008). *Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. LWT-Food Science and Technology* 41, 1748-1751.

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 and Technology* 43, 2151-2162.

BEMILLER JN. (2008). *Hydrocolloids. Gluten-free Cereal Products and Beverages*, 203-215.

CERVERA, F.; SERRANO, R.; VICO, C.; MILLA, M.; GARCÍA, M.J. (2003). *Hábitos alimentarios y evaluación nutricional en una población universitaria. Food habits and nutritional assessment in a university population. Nutrición Hospitalaria* vol. 28, nº.2.

CHILLO, S.; CIVICA, V.; IANNETTI, M.; SURIANO, N.; MASTROMATTEO, M.; DEL NOBILE, M. A. (2009). Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. In: *Carbohydrate Polymers*, 78, 932-937.

COŞKUNER, Y.; ERCAN, R.; KARABABA, E.; NAZLİCAN, A. N. (2002). *Physical and chemical properties of chufa (Cyperus esculentus L) tubers grown in the Çukurova region of Turkey. J. Sci. Food Agric.* 2002, 82, 625–631.

Vi. BIBLIOGRAFÍA

CUBERO, N.; MONFERRER, A.; VILLALBA, J. (2002). *Aditivos alimentarios*. Ed. Mundi.Prensa. Madrid, 240.

CUZCO MÉNDEZ, J.P. (2014). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum durum) por achogcha (Cyclanthera pedata) en la elaboración de pastas tipo tallarín con un mejor aporte nutricional*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

DECRETO 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. BOE núm. 248 del 17/10/1967.

DENDY, D.A.V.; DOBRASZCHZYK, B.J. (2001) *Cereals and cereals products. Chemistry and technology*. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York: 537..

EMPRESA TIGERNUTS.

http://www.tigernuts.es/empresa_tigernuts_traders.html

EPSA Aditivos Alimentarios. Tríptico Hidrocoloides. Consultado en 2015.

http://www.aditivosalimentarios.es/php_back/documentos2/archivos/TRIPTICO%20HIDROCOLOIDES%20EN%20A4%20WEB%20EPSA.pdf

EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL (EUFIC). Consultado el 29 de junio de 2015.

<http://www.eufic.org/>

GALLEGOS-INFANTE, J.A.; ROCHA-GUZMAN, N.E.; GONZALEZ-LAREDO, R.F.; OCHOA-MARTÍNEZ, L.A.; CORZO, N.; BELLO-PEREZ, L.A.; MEDINA-TORRES, L.; PERALTA-ALVAREZ, L.E. (2010). *Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (Phaseolus vulgaris L.)*. Food Chemistry, 119, 1544-1549.

GARCÍA, P. Y VELASCO, C. (2007). *Evolución en el conocimiento de la fibra*. Nutrición hospitalaria, 22 (Supl. 2): 20-25.

GARCÍA, O.M.; BENITO, R.; RIVERA, C.J. (2008). *Hacia una definición de fibra alimentaria*. Anales Venezolanos de Nutrición, Vol. 21 (1): 25-30.

GEA, S. (2014). *Propiedades tecnofuncionales de pasta fresca elaborada con harinas diferentes a la del trigo*.

GÓMEZ, E.; GUERRA, M.; ARIAS, J.; MUJICA, D.; GUERRERO, F. (2011). *Elaboración de una pasta de harina compuesta utilizando sémola e hidrolizado de germen desgrasado de maíz (Zea mays L.)*. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2(1), 73-84.

GRANITO, M.; TORRES, A.; GUERRA, M. (2003). *Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol*. Interciencia, 28, 7.

HAGER A.S.; CZERNY M.; BEZ J.; ZANNINI E.; ARENDT E.K. (2013). *Starch properties, in vitro digestibility and sensory of fresh egg pasta produced from oat, teff and wheat flour*. Journal of Cereal Science, 58, 156-163.

HERNÁNDEZ A. (2015). *Estudio del comportamiento reológico de pasta enriquecida en fibra dietética y con incorporación de hidrocoloides*.

HOWARD, B.M.; YEN CON, H.; KAY, M. (2011). *Analysis of Ingredient Functionality and Formulation Optimization of Pasta Supplemented with Peanut Flour*. Journal of Food Science, 76, 40-47.

Vi. BIBLIOGRAFÍA

INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION (IPO), 2011.

www.internationalpasta.org

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-Mysore, 49(4), 467-474.

KOMLENIC, D. K., UGARCIC-HARDI, Z., JUKIC, M. (2006). *Sensory properties of hydrocolloid-enriched pasta from two flour types of triticum aestivum wheat*. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 102(8), 368-372.

LINSSEN, J. P. H., KIELMAN, G. M., COZIJNSEN, J. L., PILNIK, W. (1988). *Comparison of chufa and olive oils*. Food Chem. 1988, 28, 279–285

MARTÍNEZ MONZÓ, J.; GARCÍA SEGOVIA, P. (2001). *Nutrición humana*. Ed. Politécnica de Valencia. Valencia: 384.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. (MAGRAMA). Consultado el 29 de junio de 2015.
<http://www.magrama.gob.es/>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA), (1993). *Métodos oficiales de análisis, Tomo I. Cereales y derivados*. Madrid: 782.

MORELL J; BARBER S. (1983). *Chufa y horchata, características físicas, químicas y nutritivas*. C.S.I.C. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Valencia, 84 pp.

OVANDO-MARTÍNEZ M; SAYAGO-AYERDI S; AGAMA- ACEBEDO E; TOVAR J; BELLO-PEREZ LA. (2009). *Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta*. Food Chemistry, 113:121-126.

PASQUEL, A. (2001). *Gomas: una aproximación a la industria de alimentos*. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.1, no 1, p. 1 – 8.

PASTAS GALLO, Consultado en 2015.
<http://www.pastasgallo.es>

PORTAL DE ABELLO-LINDE, Consultado en 2015.
<http://www.abellolinde.es/es/index.html>

RAMÍREZ, A.; ORTIZ DE BERTORRELLI, L.; HIDALGO, L.; GRAZIANI DE FARIÑAS, L. (2012). *Caracterización de pastas alimenticias elaboradas artesanalmente con harina compuesta de trigo y frutopán (Artocarpus camansi Blanco)*. Revista Facultad Agronómica Universidad Central de Venezuela. 38(1): 18-24. 2012.

REAL DECRETO 2181/75 de 12/09/75. Por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Pastas Alimentarias. Define las Pastas alimenticias, clasificación (dentro de esta definición de pastas frescas). B.O.E. 13/09/75.

REAL DECRETO 1771/76 de 02/07/76. Por el que se modifican algunos de los artículos y epígrafes de determinadas Reglamentaciones Técnico-Sanitarias y Normas alimentarias específicas. Modifica los artículos cuatro y veinte de la Reglamentación Técnico Sanitaria de los Agentes Aromáticos para la alimentación. B.O.E. 28/07/76.

REGLAMENTO (CE) N° 1333/2008 del parlamento europeo y del consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios.

Vi. BIBLIOGRAFÍA

REGLAMENTO (CE) Nº 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.

ROMO, C.; MIZE, K.; WARFEL, K. (2008). *Addition of hi-maize, natural dietary fiber, to a commercial cake mix*. Journal of the American Dietetic Association 108, 76-77.

SANGUINETTI, A.M.; DEL CARO, A.; MANGIA, N.P.; SECCHI, N.; CATZEDDU, P.; PIGA, A. (2011). *Quality changes of fresh filled pasta during storage: influence of modified atmosphere packaging on microbial growth and sensory properties*. Food Sci Technol Int. 2011 Feb; 17(1): 23-9. doi: 10.1177/1082013210368742.

TORRES, A.; FRIAS, J.; GRANITO, M.; VIDAL-VALVERDE, C. (2007). *Germinated Cajanus cajan seeds as ingredients in pasta products: chemical, biological and sensory evaluation*. Food Chemistry 101, 202-211.

TROWEL HC. (1975). *Dietary fiber hypothesis of the etiology of diabetes mellitus*. Diabetes, 24:762-5.

UNIVERSIDAD NACIONAL Y A DISTANCIA (UNAD), 2009. Consultado en 2015.
<https://www.unad.edu.co>

YAAKOB H, AHMED NR, DAUD SK, MALEK RA AND RAHMA RA. (2012). *Optimization of ingredient and processing levels for the production of coconut yogurt using response surface methodology*. Food Sciences and Biotechnology 21: 933–940.