

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**DESARROLLO DE FORMULACIONES DE PASTA FRESCA CON  
INCORPORACIÓN DE SALVADO MICRONIZADO Y AGENTES  
ESTRUCTURANTES: PROPIEDADES TECNOLÓGICAS**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

ALUMNO

**BERNAT PERIS FUERTES**

DIRECTORAS ACADÉMICAS

**D<sup>a</sup> ANA M<sup>a</sup> ALBORS SOROLLA**

**D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> EUGENIA MARTÍN ESPARZA**

*Curso Académico: 2013-2014*

**VALENCIA, JULIO DE 2014**



# **TÍTULO: DESARROLLO DE FORMULACIONES DE PASTA FRESCA CON INCORPORACIÓN DE SALVADO MICRONIZADO Y AGENTES ESTRUCTURANTES: PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES**

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se ha querido evaluar el efecto de la sustitución parcial de sémola de trigo duro por salvado micronizado y la incorporación de diferentes hidrocoloides sobre las propiedades tecnofuncionales de pasta fresca, con el objetivo de obtener pastas de calidad y nutricionalmente enriquecidas en fibra dietética.

Para la elaboración de la pasta fresca, se ensayaron formulaciones con sustitución del 12% de sémola de trigo duro por salvado micronizado, empleando en todas las formulaciones, huevo líquido pasteurizado en un 13% y variando las cantidades de hidrocoloides utilizadas (carboximetilcelulosa, goma xantana y goma de garrofín). Los parámetros evaluados, antes y después de la cocción de la pasta, fueron: humedad, actividad del agua, propiedades mecánicas (firmeza, elasticidad y consistencia), atributos de color (espacio CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup>), índice de absorción de agua, incremento de volumen y pérdida de sólidos. La dependencia de la combinación de los diferentes hidrocoloides con la respuesta observada en estos parámetros se estudió a partir de un análisis de superficie de respuesta en base a un diseño experimental de Box-Behnken. La incorporación de salvado de trigo supuso un ligero aumento de la firmeza en la matriz de la pasta recién elaborada y menores pérdidas en dicho parámetro una vez cocida y un cambio de color hacia tonalidades pardo-rojizas en las formulaciones, en comparación a las formulaciones que sólo llevan sémola de trigo duro.

El análisis de superficie de respuesta evidenció que el uso de goma xantana, con respecto a los otros hidrocoloides utilizados, mejora las propiedades texturales (firmeza y consistencia) de la pasta. Además, se pudo observar que el índice de absorción de agua aumenta por encima de un 0,8% (p/p) de goma xantana, y disminuye el porcentaje de pérdidas a partir de una concentración del 0,4% (p/p) de este hidrocoloide. La goma de garrofín sólo afecta significativamente a la elasticidad de la pasta cocida, atributo que también mejora cuando se combinan CMC (menos del 0,6% p/p) y goma xantana. Esta combinación de hidrocoloides también supuso una mayor absorción de agua en la cocción. Por otro lado, se observa que en las propiedades ópticas el uso de CMC incrementa el parámetro b<sup>\*</sup> y el croma (C<sup>\*</sup><sub>ab</sub>) en la pasta recién elaborada, pero en combinación con goma xantana disminuye estos parámetros.

Palabras claves: Pasta fresca, hidrocoloides, salvado de trigo, índice de absorción de agua, textura, color.

Autor: Bernat Peris Fuertes

D<sup>a</sup> Ana M<sup>a</sup> Albors Sorolla

D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Eugenia Martín Esparza

Valencia, julio de 2014

# **TÍTOL: DESENVOLUPAMENT DE FORMULACIONS DE PASTA FRESCA AMB INCORPORACIÓ DE SALVAT MICRONITZAT Y AGENTS ESTRUCTURANTS: PROPIETATS TECNOFUNCIONALS**

## **RESUM**

En el present treball s'ha volgut avaluar l'efecte de la substitució parcial de la sèmola de blat dur per salvat micronitzat i la incorporació de diferents hidrocoloides sobre les propietats tecnofuncionals de pasta fresca, amb l'objectiu d'obtenir pastes de qualitat i nutricionalment enriquides en fibra dietètica.

Per a l'elaboració de la pasta fresca, es van ensellar formulacions amb substitució del 12% de sèmola de blat dur per salvat micronitzat, utilitzant en totes les formulacions, ou líquid pasteuritzat en un 13% i variant les quantitats d'hidrocoloides utilitzades (caboximetilcelulosa, goma xantana i goma de garrofín). Els paràmetres avaluats, abans i després de la cocció de la pasta, foren: humectat, activitat d'aigua, propietats mecàniques (fermesa, elasticitat i consistència), atributs de color (espai CIEL<sup>\*</sup> a<sup>\*</sup> b<sup>\*</sup>), índex d'absorció d'aigua, increment de volum i pèrdua de sòlids. La dependència de la combinació dels diferents hidrocoloides amb la resposta observada en aquests paràmetres es va estudiar a partir d'un anàlisi de superfície de resposta en base a un disseny experimental de Box-Behnken. La incorporació de salvat de blat va suposar un lleuger augment de la fermesa en la matriu de la pasta recent elaborada i menors pèrdues en dit paràmetre una volta cuita i un canvi de color cap a tonalitats marró-vermelles en les formulacions, amb comparació a les formulacions que sols portaven sèmola de blat dur.

El anàlisi de superfície de resposta evidencià que el ús de goma xantana, respecte als altres hidrocoloides utilitzats, millora les propietats texturals (fermesa i consistència) de la pasta. A més, es pot observar que el índex d'absorció d'aigua augmenta per damunt de un 0,8% (p/p) de goma xantana i disminueix el percentatge de pèrdues a partir de una concentració del 0,4% (p/p) de aquest hidrocoloide. La goma de garrofín sols afecta significativament a la elasticitat de la pasta cuita, atribut que també millora quan es combina CMC (menys del 0,6% p/p) i goma xantana. Esta combinació d'hidrocoloides també suposa una major absorció d'aigua en la cocció. Per altra banda, s'observa que en les propietats òptiques el ús de CMC incrementa el paràmetre b<sup>\*</sup> i el croma (C<sup>\*</sup><sub>ab</sub>) en la pasta recent elaborada, però en combinació amb goma xantana disminueix aquests paràmetres.

Paraules clau: Pasta fresca, hidrocoloides, salvat de blat, índex d'abosorció d'aigua, textura.

# **TITLE: DEVELOPMENT OF FRESH PASTA FORMULATIONS WITH INCORPORATION OF BRAN MICRONIZED AND STRUCTURING AGENTS: PROPERTIES TECHNOFUNCTIONALS**

## **ABSTRACT**

The purpose of this dissertation was to evaluate the effect of partial substitution of durum wheat semolina by micronized wheat bran and the addition of different hydrocolloids on some technofunctional properties of fresh pasta, in order to obtain an improved nutritional product (source of dietary fiber).

For the preparation of fresh pasta formulate, a 12% (w/w) wheat semolina was replaced by micronized wheat bran and a 13% (w/w) pasteurized liquid egg was used in all formulations. Concentration of hydrocolloids (carboxymethylcellulose, xanthan gum and locust bean gum) varied from 0 to 0,8% (w/w) according to a Box-Behnken experimental design. Assessed parameters, before and after cooking of pasta, were: water activity, mechanical properties (firmness, elasticity and consistency), color (CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> space), water content, water absorption, swelling index and solid losses. Optimization of hydrocolloids concentration was performed by using the surface response method. The addition of wheat bran implied a slight increase in firmness in freshly made pasta and a color change to reddish-brown in the formulations, compared to those based only on durum wheat semolina.

Surface response analysis showed that xanthan gum significantly improved pasta textural properties (before and after cooking), increasing firmness and consistency of fiber-enriched pasta. Furthermore, this hydrocolloid appeared to facilitate water absorption from 0,8% (w/w), and decreases the solid losses loss from 0,4% (w/w). Locust bean gum significantly affects only the cooked pasta elasticity, being this parameter also enhanced when combining CMC (less than 0,6% w/w) and xanthan gum. This combination also improved water absorption during cooking. Moreover, it was observed that b<sup>\*</sup> color coordinate and the optical attribute chrome of freshly made pasta increase when using CMC alone but decrease in combination with xanthan gum.

Word keys: fresh pasta, hidrocolloids, wheat bran, water absorption, texture, color.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a mis directoras en este proyecto, Ana M<sup>a</sup> Albors Sorolla y M<sup>a</sup> Eugenia Martín Esparza, por su tiempo, apoyo, comprensión y su paciencia durante el periodo de realización de este trabajo.

Agradecer también a mis padres, mi hermano y mi novia, por estar siempre apoyándome en los buenos y malos momentos, y sin los cuales nada de esto hubiera sido posible lograr,

Simplemente, agradecer a todas aquellas personas que han estado a mi lado, durante este periodo, haciendo posible que este proyecto fuera una realidad, culminando mi grado de la mejor forma posible.

# ÍNDICES



**ÍNDICE TEMÁTICO**

I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. DEFINICIÓN PASTA ALIMENTICIA .....	1
I.2. ORIGEN DE LA PASTA .....	1
I.3. CLASIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE PASTA .....	1
I.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS PASTAS .....	2
I.4. SÉMOLA DE TRIGO: DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS.....	3
I.5. SALVADO DE TRIGO: DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS .....	4
I.6. HIDROCOLOIDES.....	4
I.6.1. GOMA DE GARROFÍN (E-410) .....	4
I.6.2. GOMA XANTANA (E-415) .....	5
I.6.3. CARBOXIMETILCELULOSA (E-466).....	5
I.7. PASTA: COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL.....	5
I.8. PARÁMETROS DE CALIDAD EN PASTAS ALIMENTICIAS.....	6
I.9. PAPEL DE LA FIBRA EN LA DIETA. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	8
II. OBJETIVOS.....	10
II.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
II.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
II.3 PLAN DE TRABAJO .....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
III.1. MATERIAS PRIMAS .....	12
III.2. HIDROCOLOIDES.....	12
III.3. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	13
III.4. ELABORACIÓN DE LA PASTA FRESCA.....	14
III.5. ENSAYOS DE COCCIÓN.....	16
III.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS PASTAS. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD .....	16
III.6.1. HUMEDAD .....	16
III.6.2. PESO .....	17
III.6.3. DIMENSIONES .....	17
III.6.4. PÉRDIDAS DE SÓLIDOS .....	17
III.6.5. ANÁLISIS DE COLOR .....	17

III.6.6. ANÁLISIS DE TEXTURA .....	18
III.6.7. ANÁLISIS DE DATOS .....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
IV.1. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	20
IV.2. ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DE SÉMOLA POR SALVADO MICRONIZADO .....	20
IV.3. ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA. OPTIMIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES.....	23
IV.4. ANÁLISIS DE LA TEXTURA .....	23
IV.5. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA COCCIÓN Y DEL COLOR .....	27
V. CONCLUSIONES .....	31
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	32



**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 - Características de las materias primas.....12

Tabla 2 - Características de los hidrocoloides. ....12

Tabla 3 - Composición de las formulaciones.....13

Tabla 4 - Valores de humedad de las materias primas. ....20

Tabla 5 - Valores de la constante (Yo) y los parámetros b obtenidos del ajuste a los modelos de regresión múltiple para describir la relación entre los parámetros mecánicos: elasticidad (S<sub>i</sub>), firmeza (F y A) .....25

Tabla 6 - Valores de estimación o constante (Yo) y los parámetros  $\beta$  obtenidos del ajuste a los modelos de regresión múltiple para describir la relación entre 9 variables independientes y los parámetros: índice de absorción de agua (IAA), pérdidas e sólidos (%P), coordenada de color b\*<sub>o</sub> y el croma C\*<sub>ab,o</sub> .....29



## ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 1 - Diagrama de flujo de elaboración de la pasta fresca .....	14
Figura 2 - Figura geométrica del tallarín .....	17
Figura 3 - Gráfica texturómetro .....	19
Figura 4 - Valores de fuerza medios y su desviación para la pasta antes y después de la cocción. Formulaciones FC, ST0 y ST+ (promedio formulaciones que incluían hidrocoloides).....	21
Figura 5 - Valores medios y desviación estándar de las coordenadas de color L* frente a a* para las formulaciones FC y ST (antes y después de la cocción). .....	22
Figura 6 - Valores medios y desviación estándar de las coordenadas de color b* frente a a* para las formulaciones FC y ST (antes y después de la cocción). .....	22
Figura 7a-f - Superficies de respuesta para la consistencia de la pasta antes y después de la cocción (A <sub>o</sub> y A <sub>c</sub> , Figuras 7a y 7b, respectivamente), la firmeza de la pasta cocida (F <sub>c</sub> , Figuras 7c y 7d) y la elasticidad de la pasta cocida (S <sub>i,c</sub> , Figuras 7e y 7f) .....	26
Figura 8a-f - Superficies de respuesta para el índice de absorción de agua (IAA, Figuras 8a y 8b), las pérdidas en la cocción (%P, Figuras 8c y 8d), coordenada de color b* de las pasta cocida (b*c, Figura 8e) y croma de la pasta cocida (C* <sub>ab,c</sub> , Figura 8f).....	30

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**



## I. INTRODUCCIÓN

### I.1. DEFINICIÓN PASTA ALIMENTICIA

Con el nombre de pasta alimenticia se designa a los productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémolas, semolinas o harina procedente de trigo duro, trigo semiduro o trigo blando o sus mezclas y agua potable. Esta es la definición que marca la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de pastas alimenticias (Real Decreto 2181/1975 del 12/09/1975 y B.O.E 13/09/1975). Esta Reglamentación Técnico-Sanitaria está posteriormente modificada varias veces por los siguientes documentos: Real Decreto 1771/1976 del 02/07/1975 (B.O.E. 28/07/1976); Real Decreto 2811/1983 del 13/10/1983 (B.O.E. 11/11/1983); Real Decreto 1093/87 del 19/06/1987 (B.O.E. 08/09/1987) y Real Decreto 1534/1991 del 18/10/1991 (B.O.E. 30/10/1991).

### I.2. ORIGEN DE LA PASTA

La pasta es un alimento que se asocia normalmente con Italia. Los italianos son, de hecho, los que más pasta consumen por persona, pero parece que no la inventaron. Esto se sabe debido a que existen registros que señalan que los tallarines se elaboraban en China desde al menos el año 3.000 a.C. y además en los mitos de la antigua Grecia aparece que el Dios griego Vulcano inventó un ingenio para preparar tiras o hilos de pasta que serían similares a los tallarines (Dendy y Dobraszcyk, 2004; Callejo, 2002).

Por otro lado, hay citas en textos antiguos que atribuyen con frecuencia a Marco Polo el papel de introductor de la pasta en Europa después de sus distintos viajes al lejano Este durante el siglo XIII. Es posible que Marco Polo consumiera pasta en sus largos viajes, pero cuando Marco Polo era un niño, ya existían relaciones comerciales entre China, Persia, Grecia y Roma, por lo que es posible que las alegaciones de que Marco Polo fue el que introdujo la pasta en Italia pudieran estar equivocadas debido a que anteriormente ya se hubiera podido introducir la pasta en Italia gracias a las relaciones comerciales. (Dendy y Dobraszcyk, 2004).

### I.3. CLASIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE PASTA

Para llevar a cabo la clasificación de las pastas alimenticias en España esta se detalla en la normativa oficial, la cual se trata del Real Decreto 1771/1976 del 02/07/1975 y publicado en el B.O.E. del 13/09/1975, en la que se encuentra los siguientes cuatro clasificaciones:

Pastas alimenticias simples: se les designa con ese nombre debido a que en su elaboración sólo se parte de sémolas, semolinas o harinas procedentes de trigo duro, semiduro, blando o mezclas entre éstos. Cuando sean elaboradas exclusivamente con sémola o semolina de trigo duro (*Triticum durum*) podrán calificarse como de calidad superior.

Pastas alimenticias compuestas: se les denomina pastas alimenticias compuestas a aquéllas a las que se les ha incorporado en el proceso de elaboración alguno o varios de los siguientes ingredientes alimenticios: gluten, soja, huevos, leche, hortalizas, verduras y

leguminosas, bien naturales desecadas o conservadas, jugos y extractos. Además, se podrán incorporar 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, ya sea como empanadillas, cilindros, sandwichs, etcétera, 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 la pesca, pan rallado, verdura, hortalizas, huevos y agentes aromáticos autorizados. Podrán incorporarse otras sustancias alimenticias que, en su momento, sean autorizadas por la Dirección General de Sanidad.

Pastas alimenticias frescas: se denominan pastas alimenticias frescas a cualquiera de las pastas elaboradas de acuerdo con lo establecido en las clasificaciones anteriores, pero que en este caso no hayan sufrido procesos de desecación.

Además en el Real Decreto 1771/1976 (B.O.E. 13/09/1975), también están clasificadas por la forma y tamaño que pueden presentar las diferentes pastas. Así tendremos:

Pastas roscadas: fabricadas por extrusión a través de hileras o por laminación. Las tiras se presentarán enrolladas en madejas con sección circular (fideos) o rectangular (tallarines o cintas).

Pastas largas: obtenidas por extrusión y secadas en tiras rectas y sueltas con un mínimo de 20 mm de longitud y podrán presentar sección circular (espaguetis), rectangular (tallarines o cintas) o anular (macarrones).

Pastas cortadas: las que han sido obtenidas por extrusión a través de un molde y cortadas en distintos formatos, de longitud inferior a 100 mm.

Pastas laminadas: las que han sido obtenidas por laminado y troquelado posterior con distintas formas y dibujos.

### **I.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS PASTAS**

En el Real Decreto 1534/1991 de 18/10/91 (BOE 30/10/91) citado anteriormente, se indica los requerimientos o características para las diferentes pastas alimenticias:

Para pastas alimenticias simples se tendrán en cuenta las siguientes especificaciones. Una humedad como máximo del 12,5%, en cuanto a las cenizas, referidas a sustancia seca 1,1 como máximo. La acidez en grados de sustancia seca será de 5 y proteínas referidas a sustancia seca estará establecido entre 5,7 y 9.

Para pastas alimenticias compuestas hay que tener cuenta su componente añadido si es gluten, tomate, espinacas, etc. Por ejemplo las enriquecidas al huevo, deben contener al menos 150g de huevo sin cáscara o 65 gramos de yemas; presenta una humedad del 12,5%. La acidez en grados por sustancia seca del 5 y un contenido en cenizas referido a sustancia seca del 1,1 máx. Además, cuando sean elaboradas con pastas alimenticias de calidad superior, habrá de tenerse en cuenta el mínimo de proteína establecido en éstas.

Para pastas rellenas la cantidad de peso del relleno deberá estar comprendido entre el 20 y el 40% del peso total del producto. Su acidez tendrá un valor como máximo de 6. Aparte, para una mejor preparación y conservación del relleno, podrán agregarse al mismo, los aditivos que para estos fines autorice la Dirección General de Sanidad.

Para pastas alimenticias frescas deben reunir las siguientes características. Una humedad máxima del 30%. El índice de acidez de la grasa no será superior a 6 en pastas simples y compuestas y a 7 en las rellenas. Por último, las simples cumplirán los mismos límites de ceniza y proteína que para las secas.

#### **I.4. SÉMOLA DE TRIGO: DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

Se entiende por sémola y semolinas, a los productos fundamentalmente constituidos por el endospermo de estructura granulosa, procedentes de la molturación del trigo industrialmente limpio, definición dada según el Real Decreto 1286/1984 del 23/05/1984 y publicado en el B.O.E. del 06/06/1984.

Se clasifican en sémola de boca o consumo directo, sémola industrial para la elaboración de pastas alimenticias de calidad superior, semolina de trigo duro y semolina de trigo blando (Real Decreto 1286/1984, B.O.E. del 06/06/1984).

Teniendo en cuenta a las materias primas utilizadas en el presente trabajo, se define a continuación las dos siguientes:

- Sémola industrial para la elaboración de pastas alimenticias de calidad superior: Es la sémola procedente de trigo duro, cuyo tamaño de gránulo está comprendido entre 187 y 600 micras, con tolerancia del 10 por 100.
- Semolina de trigo duro: es la sémola procedente del trigo duro, cuyo tamaño de gránulo no es inferior a 10 micras.

En cuanto a las características composicionales que deben cumplir las sémolas y semolinas según el RD 1286/84, son las siguientes:

- El contenido en humedad de las sémolas y semolinas no excederá del 14,5%. El contenido de cenizas sobre sustancia seca dependerá del tipo de sémola que se utilice: en la sémola industrial para la elaboración de pastas alimenticias de calidad superior tendrá un valor de 0,90% como máximo, y en la semolina de trigo duro, un 1,10% como máximo. El contenido en fibra será de 0,80 % como máximo. El contenido en proteínas, se distinguirá al igual que en las cenizas, teniendo un valor de 11% como mínimo para la sémola industrial para la elaboración de pastas alimenticias de calidad superior, y un 11,5% como mínimo para la semolina de trigo duro. Por último, la acidez grasa tendrá un valor máximo de 30%, expresado en mg de potasa.

En cuanto a los niveles microbiológicos que deben cumplir las sémolas y semolinas, son las siguientes.

- Recuento de colonias aerobias mesófilas (31°C ± 1°C) máximo 1 x 10g.
- Recuento de mohos, máximo 1 x 10g.
- Contenido en *E. coli* un máximo de 1 x 10g, y de salmonella ausencia en 25g.

## **I.5. SALVADO DE TRIGO: DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

Deberá entenderse por salvado para consumo humano, sin otro calificativo, el subproducto del proceso de molienda del trigo, procedente de las capas externas o cubiertas de la semilla del grano, que quedan después de extraer la harina. Subproductos correspondientes de otros cereales deberán llevar adicionado al nombre genérico de salvado el del grano del cual proceden según el Real Decreto 1286/1984 del 23/05/1984 y publicado en el B.O.E. del 06/06/1984.

En cuanto a las características que debe cumplir el salvado (Real Decreto 1286/1984, B.O.E. del 06/06/1984), son las siguientes:

El contenido en humedad del salvado no excederá del 14 %, en el momento de envasado. La fibra cruda estará comprendida entre 9 y 14 %. Las cenizas sobre sustancia seca no excederán del 65 %. El salvado deberá estar exento de materiales extraños u objetables. El salvado deberá estar exento de infestación viva debida a insectos, ácaros y roedores, exento de microorganismos tóxicos o desagradables y exentos de olores y sabores anormales.

En cuanto a los niveles microbiológicos que debe cumplir el salvado, son los mismos requisitos que para la sémola y semolina.

## **I.6. HIDROCOLOIDES**

En cuanto los aditivos utilizados en este trabajo, todos ellos pertenecen al grupo de los estabilizantes. En concreto se han utilizado: carboximetilcelulosa, goma de garrofín y goma xantana. Estos tres hidrocoloides tienen propiedades o características diferentes, pero tienen en común la capacidad para ligar el agua que se encuentra libre en el medio, con lo que aumenta la viscosidad de las disoluciones o mezclas donde se han añadido (Cubero et al., 2002). También se ha descrito que estos pueden llegar a proporcionar viscosidad, mejorar la firmeza y aumentar la velocidad de hidratación de la pasta durante la cocción (Yu and Ngadi, 2004). A continuación, se detallan las características de estos componentes.

### **I.6.1. GOMA DE GARROFÍN (E-410)**

Se obtiene del endospermo triturado de semillas de algarroba. La solubilidad de este hidrocoloide es diferente a los de los otros aditivos utilizados, ya que éste solo será soluble en agua caliente (80°C) y será insoluble en etanol. Se usa como estabilizante y espesante, con un comportamiento pseudoplástico que imparte a las formulaciones a las que se incorpora teniendo buena resistencia a tratamientos a altas temperaturas y, al enfriarse, su viscosidad depende de la temperatura (EPSA, 2014; Cubero, 2002). Este aditivo actúa en sinergia con la goma xantana, formando un gel termorreversible y elástico debido al cruzamiento de enlaces entre los segmentos de la goma xantana y la goma de garrofín (EPSA, 2014; Mao y Rwei, 2006).



### **I.6.2. GOMA XANTANA (E-415)**

Este aditivo se obtiene de una forma muy distinta a los otros dos descritos anteriormente, ya que este viene dado por una fermentación microbiana de cepas de *Xanthomonas campestris* con almidón de maíz. En cuanto a la solubilidad de este aditivo, es soluble en agua y leche en frío, pero es insoluble en etanol. En cuanto a las propiedades de este aditivo, destaca por utilizarse como espesante, ya que proporciona una elevada pseudoplasticidad y además es muy estable en un rango amplio de pH y temperatura. Además tiene la propiedad de actuar como gelificante, ya que en combinación con la goma de garrofín, como ya se ha dicho anteriormente, forma un gel termorreversible y elástico (EPSA, 2014; Mao and Rwei, 2006).

### **I.6.3. CARBOXIMETILCELULOSA (E-466)**

Este aditivo se obtiene de un derivado de la celulosa. La solubilidad de este hidrocoloide puede ser tanto en agua fría como en agua caliente. El uso de este aditivo es impartir viscosidad, como agente de suspensión, como inhibidor de la formación de cristales y formador de películas resistentes. Por esto, la carboximetilcelulosa se utiliza como espesante, ya que da soluciones más o menos viscosas dependiendo del grado de sustitución y la longitud del polímero formado, siendo estable entre pH 5-11 (EPSA, 2013). La fibra de este aditivo, es fibra soluble, que según estudios, podrían ser usados para reducir el nivel de colesterol en sangre (Padalino et al., 2013). Además, la adición de CMC en la comida hecha a base de cereales ha mostrado efectos beneficiosos en la regulación de glucosa en sangre y los niveles de colesterol en plasma (Brenan et al., 1996).

## **I.7. PASTA: COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL**

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. Estos componentes pueden contribuir significativamente a los requerimientos dietéticos por persona y día (Dendy y Dobraszczczyk, 2004).

Los hidratos de carbono que contiene la pasta se encuentran mayoritariamente en forma de carbohidratos complejos y no como azúcares simples que se pueden digerir rápidamente. Al componerse de hidratos de carbono de lenta asimilación, principalmente almidón, le otorga a la pasta propiedades funcionales como es la de aportar unos niveles estables de glucosa en sangre (lo cual es importante para aquellas personas con deficiencia de insulina), una disminución de los niveles de colesterol en sangre y una estabilización del funcionamiento normal de la tiroides (Martínez y García, 2001).

En cuanto al contenido proteico de la pasta, la proteína más importante es el gluten, que le confiere elasticidad gracias a la red viscoelástica que forman las gluteninas y las gliadinas durante el amasado, 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 Dobraszczczyk, 2004).

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). El huevo puede ser añadido de diversas formas, ya que puede estar en estado sólido o deshidratado y también en forma líquida. El más utilizado es de forma líquida, y este a la vez puede ser fresco o pasterizado.

En cuanto a la utilización del agua, ésta ha de ser siempre potable, estando libre de contaminantes químicos y microbiológicos. La composición del agua en cuanto al contenido mineral, se recomienda que no sea agua de mineralización alta, no haciendo falta que sea desionizada. El agua contribuirá a la manejabilidad de la masa para la posterior formación de las láminas de pasta y tallarines.

## **I.8. PARÁMETROS DE CALIDAD EN PASTAS ALIMENTICIAS**

La calidad de las pastas alimenticias, puede diferenciarse por diversos criterios, entre los cuales destacan: el color, el aspecto global (el agrietamiento y las decoloraciones), y la textura (la firmeza, la cohesividad, la elasticidad y la adhesividad o pegajosidad) (Callejo, 2002).

A continuación se detallan los parámetros de calidad que se requieren en las formulaciones de pasta fresca.

Color.- Este criterio es un aspecto que apela sólo a las características estéticas, y que en mayor parte depende de las características de la materia prima usada, que en este caso es el trigo. El color que desarrolla el trigo proviene de dos componentes, uno amarillo que será deseable, y otro marrón que será indeseable y se querrá en la menor medida posible.

El color de la pasta variará dependiendo de las características que se hayan dado durante el crecimiento del grano en el campo y el almacenamiento posterior en buenas condiciones de este grano. Además el color variará durante el proceso de molienda para obtener la sémola, ya que influirá en la cantidad de marrones, y por último en el mezclado, amasado y extrusión de la pasta fresca, ya que en esta etapa influirá la actividad lipoxigenásica y peroxidásica. Por último, si se realizara la elaboración de pasta seca, habría que tener especial cuidado con las reacciones de Maillard que podrían tener lugar en esta etapa.

El color amarillo proviene de los pigmentos carotenoides, que se localizan principalmente en el embrión. Durante la fabricación de las pastas alimenticias, se destruye una cantidad variable de carotenoides, debido a las oxidasas, en este caso más concretamente la lipoxigenasa. La lipoxigenasa, que se localiza en las partes periféricas y germen del trigo, cataliza la destrucción de los carotenoides, haciendo así que se pierda cierta cantidad del color amarillo.

El color marrón desfavorable, viene dado por la actividad de las enzimas peroxidasa y polifenoloxidasas. Las peroxidadas necesitan que haya disponible peróxido de hidrógeno para catalizar la reacción, y por otro lado las polifenoloxidasas necesitan que haya libre oxígeno en el ambiente para poder llevar a cabo la reacción. Estas reacciones, dan lugar a la formación de

compuestos oxidados más concretamente quinonas, las cuales son responsables de la devaluación de las pastas.

Aspecto global: El agrietamiento, la superficie lisa y los defectos, como pueden ser las manchas y rayas, también afectan al aspecto global y apariencia de la pasta y por tanto la aceptación del consumidor.

- Agrietamiento: se trata de un defecto de producción producido por unas condiciones inadecuadas de secado, ya que si la humedad superficial se evapora muy rápido, la superficie de la pasta se endurece, y cuando el centro se va secando, la hebra o filamento es incapaz de ofrecer resistencia a la tensión que aparece en la pasta, por lo que aparecen las grietas. Además, también pueden aparecer grietas por un mal almacenaje después del empaquetado, debido a una humedad relativa inestable del ambiente en el que se encuentra almacenado.
- Decoloración: las decoloraciones que pueden aparecer en las pastas son el resultado de manchas y rayas. La aparición de manchas de color blanco, se debe a una hidratación no homogénea, como consecuencia a una insuficiencia de agua o a condiciones inadecuadas de mezclado. Si las manchas aparecidas fueran marrones, sería debido a una mala eliminación del salvado en la etapa de molienda del trigo. Por último, si las manchas fueran negras, sería por un ataque de tizón.

Textura: es la característica de primordial importancia para los consumidores, lo que hace que sea también muy importante para los productores y procesadores de trigo. Este criterio, se basa en la capacidad del producto para retener una buena textura antes y después del cocinado.

- Firmeza: este parámetro representa el grado de resistencia a la primera mordedura o la fuerza necesaria para penetrar la pasta con los dientes.
- Cohesividad: este parámetro indica la fuerza de las uniones internas que mantiene la estructura de la pasta
- Elasticidad: esta característica, muestra la capacidad de la pasta deformada para recuperar la forma inicial una vez retirada la fuerza deformante.
- Pegajosidad: esta medida, representa la fuerza con la que la superficie de la pasta una vez cocinada se adhiere a otros materiales u objetos.

Así pues, las características finales que se pide a la pasta, son las siguientes:

- Textura lisa de la superficie
- Ausencia de grietas
- Ausencia de manchas
- Coloración adecuada
- Firmeza adecuada
- Ausencia de pegajosidad
- Débil pérdida de materia en la cocción
- Hinchamiento
- Aroma y gusto

## I.9. PAPEL DE LA FIBRA EN LA DIETA. 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 FD por un adulto debería situarse entre 25 y 38g (Romo et al., 2008).

La fibra dietética (FD) 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 FD se suele clasificar en fibra soluble (oligosacáridos, pectinas,  $\beta$ -glucanos, y galactomananos) o insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) en el agua (Tudorica et al., 2002). Esta 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). La fibra insoluble promueve el movimiento a través del sistema digestivo, mejorando como ya se ha dicho antes el tránsito gastrointestinal. La mayoría de la fibra insoluble es fermentada a lo largo del intestino aumentando el crecimiento de la microflora intestinal. En cambio la fibra soluble puede ayudar a disminuir el colesterol en sangre y regular los niveles de glucosa en sangre, además (Foschia 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).

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 fresca, 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 en el año 2012 un 2,8% más de pasta en el hogar, siendo el consumo per cápita de 4,3 kilos, 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 fresca 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). Recientemente, Kaur et al. (2012) han analizado la viabilidad del uso de salvado de trigo, arroz, cebada y avena en la elaboración de pasta nutricionalmente enriquecida. Los resultados son prometedores, pues fue posible la adición de un 15% (salvados de trigo, arroz y avena) y de un 10% (salvado de cebada) sin afectar negativamente a sus características fisicoquímicas, sensoriales o el comportamiento en la cocción. El salvado de trigo no sólo contiene una elevada cantidad de fibra en forma de celulosa, pentosanos y lignina (Hemery et al., 2007), sino que la mayoría de las vitaminas, minerales y antioxidantes presentes en el grano de trigo duro se quedan en estas capas exteriores separadas durante la molienda. El principal beneficio fisiológico del salvado es la mejora de la peristalsis, que está relacionada con la capacidad de absorción de agua y el efecto en la viscosidad intestinal (Schneeman, 1999a,b). También puede modular la sensibilidad a la insulina al ralentizar la absorción de carbohidratos y posiblemente reducir la respuesta glucémica (Jenkins et al., 2002). La pobre funcionalidad del salvado y los posibles efectos perjudiciales que pudiera ocasionar en las propiedades funcionales de otros ingredientes, son las dos razones principales que han limitado su uso en la formulación de alimentos ricos en fibra (Kaur et al., 2012). Sin embargo, resulta de gran interés su incorporación como ingrediente saludable en nuestra dieta (Isabel et al., 2001), por sus excelentes propiedades nutricionales, hipoalergénicas y nutraceúticas. El salvado está compuesto principalmente por celulosa insoluble y hemicelulosas, con únicamente un 5% de fibra soluble (Kay y Truswell, 1980). Es considerado como la fuente de FD añadida a los productos horneados comercializados, y se ha visto que la máxima sustitución de harina por salvado en la formulación de estos productos debe ser del 7,5% para mantener su calidad (Sosulski y Wu, 1988).

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, 2003). Además, la fuerza de la masa afectará a la cantidad de energía mecánica requerida para extruir y a la velocidad de extrusión (Levine, 2001). 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. En resumen, es necesario optimizar los potenciales beneficios en la salud derivados de la incorporación de FD pero manteniendo la aceptabilidad del producto por parte del consumidor en términos de textura, sabor y color (Brockmole & Zabik, 1976).

## **CAPÍTULO 2: OBJETIVOS**



## II. OBJETIVOS

### II.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y optimizar formulaciones de pasta fresca incorporando salvado de trigo micronizado con el fin de obtener un producto enriquecido en fibra dietética y con características físico-químicas y sensoriales aceptables.

### II.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar formulaciones de pasta fresca con categoría de “alimento fuente de fibra” (según el Reglamento nº 1924/2006 del Parlamento Europeo) a partir de mezclas de sémola de trigo duro y salvado de trigo.
2. Realizar las pruebas preliminares necesarias para estandarizar la proporción de sólidos y líquidos en la formulación, así como las condiciones de operación en el proceso de elaboración.
3. Analizar los cambios producidos por la incorporación de salvado de trigo en la humedad, la actividad del agua, el índice de absorción de agua (IAA), las pérdidas durante la cocción (%P), el grado de hinchamiento, la textura (firmeza y elasticidad) y el color (coordenadas CIEL\*a\*b\*), de la pasta fresca. Comparar los resultados con los obtenidos en pasta 100% sémola de trigo a modo de control.
4. Determinar el efecto de la adición de tres agentes estructurantes (Carboximetil Celulosa (CMC), Goma Xanthana (GX) y Goma de Garrofín (GG)) en las propiedades características de la cocción (IAA, %P y grado de hinchamiento), y en la humedad y actividad del agua y en la calidad final de las pastas (firmeza, elasticidad, color) elaboradas con incorporación de salvado de trigo.
5. Seleccionar la combinación de CMC, GX y GG más adecuada para asegurar la máxima calidad 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, hidrocoloides, carboximetilcelulosa, goma de garrofin, goma de xantana y salvado micronizado.
2. Diseñar formulaciones de pasta con categoría de alimento “fuente de fibra”, según establece 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).
3. Estandarizar las condiciones de proceso en cada una de las etapas de elaboración de la pasta fresca para conseguir una masa laminable y manejable. También se elaborará el producto a partir del 100% de sémola de trigo duro a modo de control, empleando las mismas condiciones de proceso.
4. Estudiar la influencia de la sustitución parcial de sémola de trigo duro por salvado de trigo micronizado en las propiedades físicoquímicas (humedad, actividad del agua, en las características de la cocción (grado de hinchamiento, índice de absorción de agua, pérdidas de sólidos en el agua de cocción), y en los atributos de calidad más característicos de la pasta fresca (firmeza, elasticidad, color).
5. Estudio del efecto de la adición de los hidrocoloides carboximetilcelulosa (CMC), goma de garrofin (GG) y goma xantana (GX) a las formulaciones de pasta fresca, y optimización de las formulaciones.
  - 5.1. Realización de un diseño experimental para el análisis de superficie de respuesta con tres factores (concentraciones de CMC, GX y GG).
  - 5.2. Obtención de pasta fresca a partir de las formulaciones del diseño experimental del punto 5.1. Las proporciones de sólidos (sémola de trigo duro y salvado de trigo) empleadas serán las propuestas en el punto III.3.
  - 5.3. Determinación, en el producto recién elaborado y en el producto cocido, de los mismos parámetros descritos en el punto III.6.
  - 5.4. Selección de la combinación de CMC, GX y GG más adecuada en base a los parámetros determinados en el punto IV.3.





# **CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS**



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1. MATERIAS PRIMAS

Para realizar las formulaciones de pasta fresca, se utilizaron como materias primas: sémola de trigo duro, salvado de trigo duro, huevo pasteurizado, agua potable. La sémola de trigo duro y el salvado de trigo duro fueron ambos suministrados por el proveedor de harinas de industrias agroalimentarias Harineras Villamayor, S.A. (Huesca, España). El salvado empleado es un salvado micronizado, es decir, con una granulometría fina (40-80 $\mu$ m), lo que previsiblemente supone una mejor hidratación de la masa y una mayor uniformidad del producto. El huevo pasteurizado homogeneizado, se adquirió de la industria Avícola Llombai S.A. (Llombai, Valencia, España). El agua que se utilizó en las formulaciones, provenía de la red local del laboratorio, con lo que siempre se aseguró que fuera agua potable. En la Tabla 1 se muestran las características de las materias primas empleadas en el trabajo, proporcionas por los proveedores y completadas con fuentes bibliográficas.

Tabla 1 - Características de las materias primas (Fuente: Análisis por Proveedores).

	Sémola	Salvado	Huevo
Humedad (%)	15	3	77,5
Proteína (%)	12	-	11
Lípidos (%)	-	-	9
Carbohidratos (%)	70		1
Fibra dietética total (%)	3	40-45	-
Cenizas (%)	0,90	8,5	0,6
Granulometría	50% 250-350 $\mu$ m 50% 132-250 $\mu$ m	30% 75-300 $\mu$ m 50% < 75 $\mu$ m	-

#### III.2. HIDROCOLOIDES

En base a estudios proporcionados por diversos autores, ver apartado introducción, se utilizaron para la realización de las formulaciones de pasta tres tipos de hidrocoloides; carboximetilcelulosa, goma de xantana 80 y goma de garrofín, con objeto de evaluar su mejora en las características funcionales de las pastas crudas y cocidas.

Estos hidrocoloides, fueron suministrados por la empresa EPSA (Torrent, Valencia, España), su proceso de obtención se ha detallado en el apartado I.6. de la introducción. En la Tabla 2 se muestran las características de estos componentes con datos proporcionados por el proveedor.

Tabla 2 - Características de los hidrocoloides (Fuente: Análisis Proveedores).

	CMC	GX	GG
Humedad (%)	10	15	12
Cenizas (%)		13	1
Granulometría media	>95% <425 $\mu$ m	>95% <180 $\mu$ m	>95% <150 $\mu$ m
Pureza (%)	99,5	91-108	-

### III.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Tras varios ensayos preliminares y en base a estudios previos del grupo de investigación para elaborar las formulaciones de pasta objeto del estudio, se realizó un diseño experimental basado en variar la cantidad de hidrocoloides empleados (CMC, GG y GX) en las formulaciones 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. La matriz consta de 15 experimentos, cuatro de los cuales son réplicas y se desarrollaron siguiendo el orden aleatorio indicado en la Tabla 3, en la cual se muestran la composición de 100g de pasta para las formulaciones realizadas junto con el código de la misma. 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 el salvado), pudiendo por tanto catalogarse como un producto “fuente de fibra”.

Tabla 3 - Composición de las formulaciones

MUESTRA	Sémola	Salvado	Agua	Huevo	CMC	Xantana	Garrofín
FC	65	0	22	13	0	0	0
ST0	57,5	7,5	22	13	0	0	0
ST1	57,5	7,5	22	13	0,8	0,8	0,4
ST2	57,5	7,5	22	13	0	0,8	0,4
ST3	57,5	7,5	22	13	0,4	0	0,8
ST4	57,5	7,5	22	13	0,8	0	0,4
ST5	57,5	7,5	22	13	0,4	0,4	0,4
ST6	57,5	7,5	22	13	0,4	0,8	0,8
ST7	57,5	7,5	22	13	0,4	0,4	0,4
ST8	57,5	7,5	22	13	0	0,4	0
ST9	57,5	7,5	22	13	0	0	0,4
ST10	57,5	7,5	22	13	0,4	0,8	0
ST11	57,5	7,5	22	13	0,8	0,4	0
ST12	57,5	7,5	22	13	0,4	0	0
ST13	57,5	7,5	22	13	0,4	0,4	0,8
ST14	57,5	7,5	22	13	0,8	0,4	0,8
ST15	57,5	7,5	22	13	0,4	0,4	0,4

Para todas las formulaciones que se realizaron, se partió siempre del mismo lote de sémola y salvado, así como del mismo lote de huevo pasteurizado y de las diferentes gomas. Todas las formulaciones se elaboraron y analizaron por duplicado (1 frescas, 1 para cocción). En total se prepararon y analizaron 34 muestras, sin tener en cuenta todos los ensayos preliminares.

### III.4. ELABORACIÓN DE LA PASTA FRESCA

El diagrama de flujo de elaboración de pasta se muestra en la Figura 1. Para la elaboración de cada muestra de pasta fresca, se siguió un riguroso proceso en el cual se combinan sistemas automáticos y operaciones semiautomatizadas (como el laminado). Para conseguir una variabilidad mínima debida al propio proceso de elaboración se siguió una pauta exacta en los tiempos y temperaturas para cada operación del proceso, basada en un proceso de revisión bibliográfica y optimizada previamente a través de múltiples ensayos de elaboración.

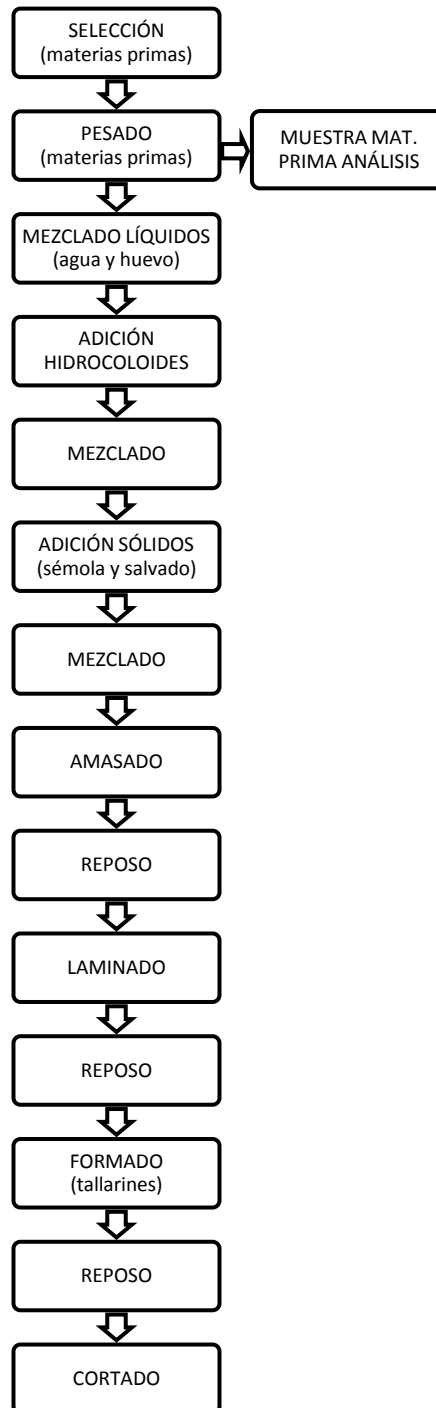


Figura 1 - Diagrama de flujo de elaboración de la pasta fresca

A continuación se detallan los distintos pasos del diagrama:

#### *Etapa 1. Selección y pesado de los ingredientes*

En primer lugar, se procedió a la selección de las materias primas, observando que todas ellas estuvieran en perfecto estado. A continuación, se pesó con precisión cada una de las materias primas, tanto sólidos, en los cuales se encuentran la sémola, el salvado y los diferentes hidrocoloides, como líquidos, entre los que se encuentran el agua y el huevo (el cual era homogeneizado previamente a su extracción). Se empleó para ello una balanza de precisión de 0,001 g modelo PFB 300-3 (Kern & Sohn GmbH, Balingen).

#### *Etapa 2. Mezclado ingredientes*

Una vez pesados todos los ingredientes necesarios para llevar a cabo la realización de las formulaciones de pasta, se realizará el mezclado de los diferentes ingredientes en un equipo Thermomix, modelo TM-31 (Vorwerk España M.S.L., S.C., Madrid). La forma en la que se mezclaron los diferentes ingredientes, o el orden de introducción en la Thermomix que siguieron, se estableció de manera que el mezclado fuera óptimo y se alcanzara una masa homogénea. Así pues, se introducían primero los líquidos (tanto el huevo pasteurizado homogeneizado y el agua) y se mezclaba durante 15s a velocidad 2. Una vez los líquidos estaban homogeneizados dentro del equipo, se introducían los hidrocoloides referentes a cada una de las formulaciones. Estos hidrocoloides se mezclaban con los líquidos durante 30s, a velocidad 4. Una vez mezclados los hidrocoloides se procedía a la introducción de los restantes sólidos (tratándose de la sémola y/o salvado de trigo), y se mezclaban durante 45s, a velocidad 4.

#### *Etapa 3. Amasado y Reposo*

Una vez obtenida la masa mezclada en la etapa de mezclado de todos los ingredientes, se procede a la realización del amasado. Este amasado, se realizó en el equipo Thermomix. Este procedimiento se llevó a cabo durante un tiempo de 2min y 30s, a velocidad espiga. Una vez pasado este tiempo, se dejó reposar la masa durante 5 min dentro del equipo para ayudar a la formación de la red proteica, y una vez transcurrido este tiempo se volvió a hacer otro amasado de la masa durante 2min y 30s, a velocidad espiga. Una vez hecho todo el amasado, se unificaron todos los gránulos para obtener una bola homogénea, y se dejaba reposar durante un tiempo de 20 minutos dentro de una bolsa cerrada herméticamente.

#### *Etapa 4. Laminado*

El laminado se lleva a cabo mediante la laminadora-formadora-cortadora (modelo simplex SP150, Imperia, Italia), la cual estaba unido a un motor específico (modelo A2500, Imperia, Italia) para la laminadora-formadora-cortadora. La bola obtenida tras el reposo se pasó un total de 5 veces por la laminadora, repartiéndose estas de la siguiente manera: 2 veces por la posición de espesor número 5, a continuación 2 veces por el espesor de 4 y finalmente 1 vez por el espesor de 3 mm. Mediante este procedimiento, se obtiene una lámina homogénea del espesor requerido para las operaciones posteriores. La lámina obtenida se deja reposar durante 7 minutos, suspendida al aire ambiente sobre un soporte específico para pasta, dándole mayor consistencia a la lámina para posteriores operaciones.

#### *Etapa 5. Formado*

Tras el proceso de laminado y transcurrido el periodo de aireado, se comenzó el formado del tallarín, en el mismo equipo en el cual se ha laminado, empleando para ello un accesorio de cortado específico para este tipo de pasta. Una vez obtenidos los tallarines se dejan reposar 5 minutos, suspendida nuevamente al aire sobre un soporte específico para pasta, para que así adquieran la humedad adecuada para su manejo.

#### *Etapa 6. Corte*

Transcurrido el tiempo de reposo de los tallarines, se cortan en fragmentos de 7cm para realizar los ensayos y determinaciones establecidas para todas las formulaciones. Las muestras se guardaban un periodo corto de tiempo en refrigeración (a 6°C) cuando su uso no era inmediato a la elaboración.

### **III.5. ENSAYOS DE COCCIÓN**

Las pruebas de cocción se realizaron una vez las formulaciones de pasta estuvieran preparadas. Además, estas pruebas se ejecutaron por triplicado para cada tipo de formulación estudiada según el método AACC 16-50 (AACC, 2000). Así pues, la ejecución de estas pruebas de cocción se realizó tomando 25g de pasta fresca de 7cm de longitud, e incorporándolo a un recipiente con 300mL de agua desionizada a 98°C. El volumen de agua se mantuvo constante al menos en un 90% del volumen inicial añadiendo agua en el punto de ebullición y cubriendo parcialmente el recipiente para reducir las pérdidas por evaporación. El tiempo de cocción considerado para evaluar la calidad de la pasta tras la cocción fue de 4 min (valor de referencia de la pasta fresca 100% sémola). Una vez transcurrido este tiempo, se procedía al enfriamiento de la pasta empleando 50mL de agua desionizada fría, para así interrumpir el proceso de cocción. La pasta era finalmente escurrida durante 2 min.

### **III.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS PASTAS. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD**

Con objeto de evaluar la calidad de las formulaciones de pasta, se analizaron distintos parámetros los cuales se repitieron por triplicado y en algunos casos por quintuplicado, analizando las formulaciones antes y después del tiempo de cocción.

#### **III.6.1. HUMEDAD**

La humedad se estableció empleando el método AACC 44-40 (AACC, 2000), es un método gravimétrico consistente en medir la pérdida de peso que hay en alrededor de 5g de pasta, al ser sometido a calentamiento en estufa a  $130^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante. La muestra, fue pesada antes y después del secado en estufa en un balanza con precisión de 0,001g modelo PFB 300-3 (Kern & Sohn GmbH, Balingen). El análisis de las muestras se realizó por triplicado.

Además, se realizó la determinación de la humedad de las materias primas proporcionadas por los fabricantes mediante el mismo método descrito.

### III.6.2. PESO

Para realizar el control de la ganancia de peso en el proceso de cocción y poder calcular así el índice de absorción de agua (IAA, ecuación 1), se utilizó una balanza de precisión de 0,001 g modelo PFB 300-3 (Kern & Sohn GmbH, Balingen). Para este parámetro, se pesaba los 25 g de pasta fresca antes de cocerla ( $p_0$ ) y posteriormente de cocerse ( $p_c$ ), para así tener el incremento de peso en la pasta.

$$IAA = \frac{p_c \cdot x_{wc} - p_0 \cdot x_{wo}}{p_0} \quad (\text{ec. 1})$$

### III.6.3. DIMENSIONES

Para calcular la dimensión de los tallarines, se midió el espesor ( $e$ ), la anchura ( $a$ ) y la longitud ( $l$ ) de los tallarines mediante un pie de rey modelo PCE-DCP 200N (PCE Ibérica S.L. (PCE Inst.), Tobarra, Albacete). Una vez medidos las tres magnitudes requeridas se calculó el volumen (ecuación 2). Esta medida se realizó por triplicado en cada formulación de pasta fresca, y también una vez cocida. Se determinó además la variación de volumen tras la cocción ( $\Delta V$ ) (ecuación 3) que hay entre el volumen de la pasta fresca ( $V_o$ ) y el volumen de la pasta cocida ( $V_c$ ) una vez transcurrido el tiempo requerido de cocción.

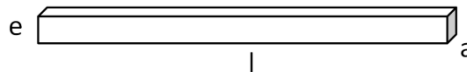


Figura 2 - Figura geométrica del tallarín

$$V = e \cdot a \cdot l \quad (\text{ec. 2})$$

$$\Delta V = \frac{(V_c - V_o)}{V_o} \quad (\text{ec. 3})$$

### III.6.4. PÉRDIDAS DE SÓLIDOS

El agua de cocción era recogida junto con los 50 mL de agua fría desionizada que se utiliza para el enfriamiento de la pasta cocida, pesada y secada hasta peso constante. La eliminación del agua se llevó a cabo en dos etapas: evaporación de 2/3 del volumen de líquido en un secador de bandejas (modelo 500, J. Lizondo, Barcelona, España) a 50°C, y sublimación del resto de líquido, una vez congelado a -40°C (modelo CVN-40/105, Matek), en un liofilizador (modelo Lioalfa, Telstar S.A., Madrid, España). Las pérdidas de sólidos durante la cocción se calcularon por diferencia de peso entre el agua de cocción recogida y el residuo seco obtenido, referida al peso inicial de pasta (25g) (AACC, 2005).

### III.6.5. ANÁLISIS DE COLOR

Para medir el color de la pasta, tanto fresca como cocida, se midió empleando un espectrocolorímetro (MINOLTA, CM 3600D, Tokio, Japón). Para llevar a cabo dicho análisis, se realizaron medidas por quintuplicado, en todas las formulaciones tanto a la pasta fresca como a la pasta tras haber sido sometida al proceso de cocción. El equipo previamente calibrado



siempre que se disponía a analizar las muestras, se hacía utilizando un negro y blanco estándar, además de tener como referencia el observador 10º y el iluminante D65. A partir del espectro de reflexión se obtuvo la escala de color en coordenadas CIE  $L^*a^*b^*$ , el cual es un sistema cartesiano formado por 3 ejes. Estos ejes corresponden a los atributos  $L^*$  el cual significa luminosidad y a las coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$ . La luminosidad o también designado claridad ( $L^*$ ), el cual representa el eje vertical, muestra la sensación visual según la cual una superficie emite más o menos luz, y este varía desde cero para un negro hasta 100 para un blanco (pudiendo dar los colores fluorescentes un valor por encima de 100). Por otro lado se encuentran las coordenadas cromáticas ( $a^*$  y  $b^*$ ), que representan los ejes horizontales, donde  $a^*$ , uno de los ejes horizontales, representa una medida del contenido de rojo o de verde (+ y – respectivamente), y en cambio  $b^*$ , el eje restante perpendicular al eje  $a^*$ , representa el contenido de amarillo y de azul (+ y – respectivamente). A partir de los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , se calcularon (ecuaciones 4 y 5) las coordenadas psicométricas, en las cuales se encuentran el tono ( $h^*_{ab}$ ) y el croma ( $C^*_{ab}$ ). El tono ( $h^*_{ab}$ ), es un atributo de la sensación visual, en el cual una superficie es similar a una porción o diversas proporciones de dos de los colores percibidos: amarillo, naranja, rojo, verde, azul y púrpura, donde 0º= rojo-púrpura; 90º= amarillo; 180º= azul-verde; y 270º= azul. El croma ( $C^*_{ab}$ ), representa la intensidad, pureza o saturación del color en proporción a su luminosidad. Finalmente se calculó (ecuación 6) la diferencia global de color ( $\Delta E$ ), el cual nos muestra numéricamente las diferencias de color que hay entre la muestra de la pasta fresca y la pasta cocida de todas las formulaciones, al comparar entre sí los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (Chiralt et al., 2007).

$$h^*_{ab} = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (\text{ec. 4})$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{ec. 5})$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (\text{ec. 6})$$

### III.6.6. ANÁLISIS DE TEXTURA

El análisis realizado para evaluar las propiedades mecánicas fue un ensayo de corte en todas las formulaciones tanto frescas como cocidas. Este ensayo de textura se llevó a cabo usando un Analizador Universal de Textura TA.XT2 (Satble Micro Systems, Godalming, UK) acoplado a un PC con adquisición de datos y software Texture Exponent Verson 1.22 (Stable MicroSystems). Las pruebas de textura se efectuaron por quintuplicado, según el método AACC 16-50 (AACC, 2000; Gallegos-Infante et al., 2010). Así pues, los análisis de pasta fresca y cocida consistieron en el corte simultáneo de 5 tallarines de 7cm de longitud adyacentes entre sí empleando una sonda Blade Set with Warner Bratzler (código HDP/BSW) a una velocidad de 0,17mm/s hasta alcanzar la deformación total de la muestra. El uso de esta cuchilla supone una modificación del método AACC 16-50. Los parámetros analizados a partir de los ensayos fueron: (a) la fuerza máxima de corte (F), la cual da información de la firmeza de los tallarines; (b) la pendiente inicial ( $S_i$ ) de la curva fuerza-tiempo, la cual está relacionada con el módulo de elasticidad y por tanto da una idea de la elasticidad del producto; y (c) el área total (A)

englobada debajo de la curva fuerza-tiempo, desde el inicio hasta el punto donde se encuentra la fuerza máxima de corte (F), y que representa el trabajo requerido para cortar la pasta. El criterio elegido para determinar la pendiente inicial fue elegir el intervalo desde el primer punto de inflexión que se encontraba en los primeros 50 puntos de la curva hasta el siguiente punto de inflexión en los sucesivos 80 puntos.

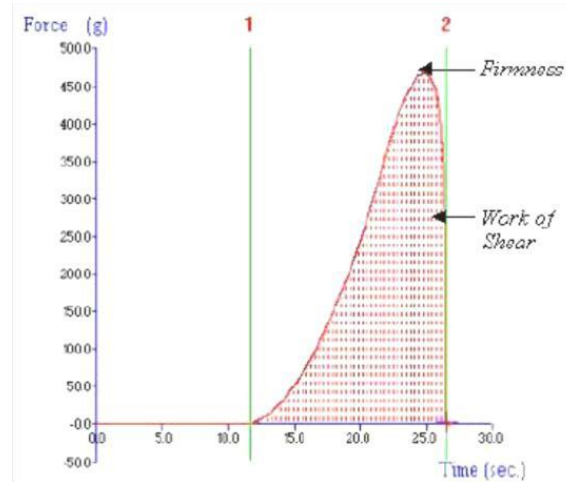


Figura 3 - Gráfica texturómetro

### III.6.7. ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados obtenidos de cada uno de los análisis que se realizaron para analizar la calidad de la pasta fresca y cocida, 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 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### IV.1. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS

La Tabla 4 muestra los valores de humedad obtenidos correspondientes a los lotes de materias primas empleadas en la elaboración de las formulaciones. Los valores obtenidos en la determinación de la humedad de la sémola y el huevo resultaron muy próximos a los especificados en los análisis proporcionados por el proveedor. La humedad obtenida para el salvado fue significativamente diferente al estipulado en la ficha del producto proporcionada por la empresa. Los datos de humedad obtenidos son los empleados en los cálculos necesarios en el análisis de datos, como es el caso del IAA, y por tanto se optó por tomar los valores obtenidos experimentalmente a los proporcionados en origen.

Tabla 4 - Valores de humedad de las materias primas.

	Humedad (%)
Sémola	14,8 (0,4)
Salvado	7,4 (0,9)
Huevo	78,34 (0,11)

### IV.2. ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DE SÉMOLA POR SALVADO MICRONIZADO

Tal y como se ha mencionado en la introducción, la incorporación de salvado en las masas y la disminución de la proporción de sémola en la formulación de pasta fresca implica, a priori, una pérdida en las propiedades tecno-funcionales de la masa y una peor estructuración de la matriz proteína-almidón. Estos cambios se deben, por una parte, al menor contenido en gluten de la formulación obtenida, y de otra a la incorporación del salvado en sí misma. El salvado se emplea habitualmente en la obtención de productos denominados “integrales” los cuales se caracterizan por formar matrices proteína-almidón-salvado que empeoran las propiedades tecno-funcionales (Aravind et al., 2012a) y dan productos con propiedades organolépticas diferentes, pero también con propiedades nutricionales más interesantes.

En este sentido, además del análisis del empleo de hidrocoloides en las formulaciones de pasta a través del análisis de superficie de respuesta, se evaluó previamente el impacto de la sustitución de la sémola mediante un salvado micronizado especial, proporcionado por el proveedor.

En la Figura 4 se muestran los valores de fuerza de ruptura (F) obtenidos en los ensayos mecánicos realizados sobre la pasta, para la formulación control (FC: sin sustitución), ST0 formulación con sustitución con salvado micronizado pero sin el empleo de hidrocoloides y ST+ que incluye el resto de formulaciones con salvado que contenían hidrocoloides.

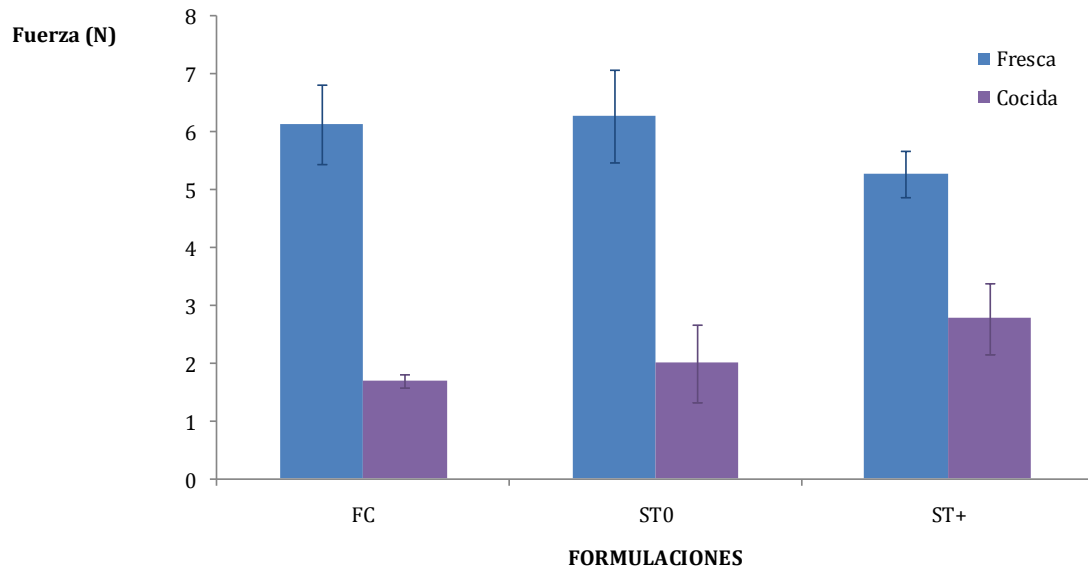


Figura 4 - Valores de fuerza medios y su desviación para la pasta antes y después de la cocción. Formulaciones FC, ST0 y ST+ (promedio formulaciones que incluían hidrocoloides).

La incorporación de salvado (fibra) ha producido un ligero aumento de la firmeza en la matriz de la pasta recién elaborada, mientras que las formulaciones que incluían hidrocoloides han resultado menos firmes en general. Sin embargo, tras el proceso de cocción la pérdida de firmeza de las formulaciones que no contenían hidrocoloides es mayor. Esto podría ser debido a que el empleo de estos hidrocoloides mejora la estructura de la matriz proteína-almidón-salvado, “imitando” las propiedades viscoelásticas del gluten, tal y como indican otros autores (Aravind et al., 2012b). Los beneficios que pueden aportar las gomas como consecuencia de su capacidad para ligar el agua no sólo durante el procesado, sino también en la cocción, es precisamente objeto de análisis en el presente estudio. En los apartados siguientes, se amplía en detalle la mejora de cada una de los hidrocoloides empleados a distintos niveles sobre este y otros parámetros analizados.

En cuanto al color analizado sobre la formulación con salvado (ST), en comparación a la obtenida a partir de 100% sémola de trigo duro (FC), en la Figura 5 se muestran los valores medios y desviación estándar de los parámetros del color, obtenidos para las formulaciones FC y ST (antes y después de la cocción). La incorporación de salvado produce un cambio de color hacia tonalidades pardo-rojizas, tal como muestra la reducción en la luminosidad ( $L^*$ ) y un aumento en la coordenada  $a^*$ , y siendo este resultado similar al encontrado por otros autores (Aravind et al., 2012a). Por otra parte, ambos atributos de color experimentan una disminución con la cocción, como consecuencia de la absorción de agua por la estructura de la pasta.

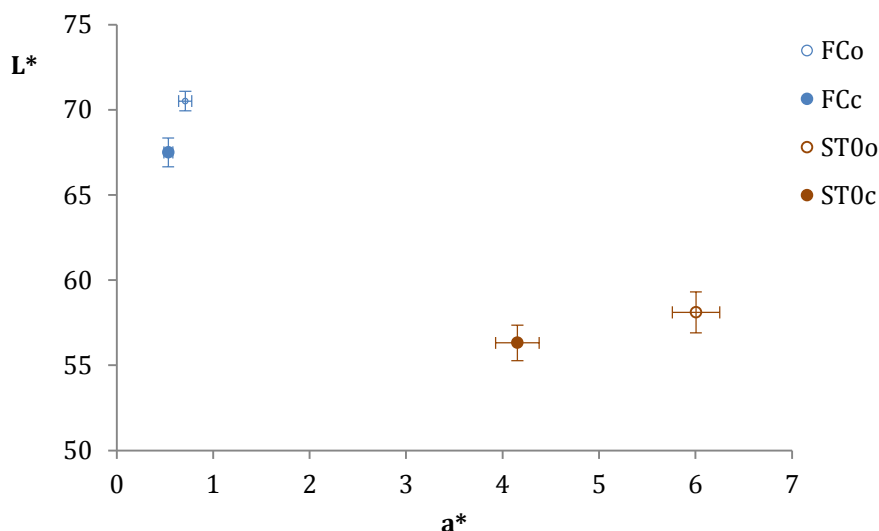


Figura 5 - Valores medios y desviación estándar de las coordenadas de color  $L^*$  frente a  $a^*$  para las formulaciones FC y ST (antes y después de la cocción).

Tal y como puede apreciarse en la Figura 6 el cambio de color en la pasta recién elaborada, según su contenido en salvado, se desplaza en ambas coordenadas  $a^*$ - $b^*$ , disminuyendo ligeramente en el parámetro  $b^*$  (menos amarilla) y aumentando significativamente en el parámetro  $a^*$  (pardo-rojizo), cuando se adiciona salvado. Tras la cocción de las mismas las diferencias de color de las pastas disminuyen en ambos parámetros. Según Chillo et al. (2008), estas variaciones de color propias de las pastas integrales no penaliza su aceptación por el consumidor que asocia la pasta rica en fibra con un color más oscuro.

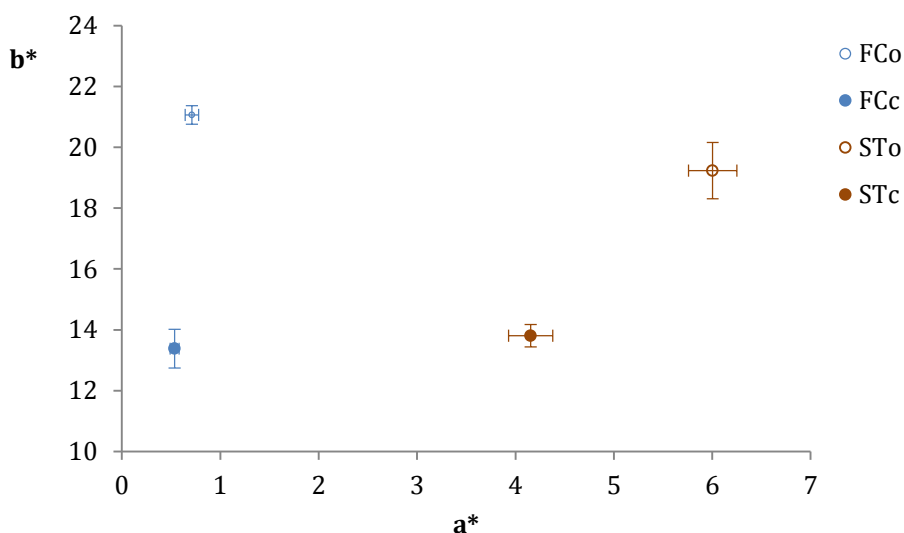


Figura 6 - Valores medios y desviación estándar de las coordenadas de color  $b^*$  frente a  $a^*$  para las formulaciones FC y ST (antes y después de la cocción).

### IV.3. ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA. OPTIMIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES.

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 salvado de trigo 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 los parámetros analizados (humedad (H), actividad del agua ( $a_w$ ), índice de absorción de agua (IAA), pérdidas de sólidos en la cocción (%P), grado de hinchamiento ( $\Delta V$ ), coordenadas CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup>, croma (C<sup>\*</sup><sub>ab</sub>) y tono (h<sup>\*</sup><sub>ab</sub>), y parámetros mecánicos relacionados con la firmeza (F), la consistencia (A), y la elasticidad S<sub>i</sub>). Dichos parámetros fueron medidos en pasta fresca recién elaborada y en pasta cocida, por lo que se denotarán para el análisis con el subíndice o y el subíndice c, respectivamente. La ecuación que representa el modelo de regresión empleado es un polinomio de segundo orden (ecuación 7). 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<sub>o</sub>), y con los coeficientes de regresión  $\beta$  que dan peso a cada uno de los efectos evaluados (gomas CMC, GX y GG). El efecto relativo de cada goma se pudo comparar a partir de los valores  $\beta$  obtenidos en la regresión, siendo los coeficientes R<sup>2</sup> los coeficientes de regresión alcanzados (en Tablas 5 y 6 se muestran sólo los efectos significativos, p<0,05, en anexos se incluye el resto). Las representaciones de superficie de respuesta se han generado para las interacciones significativas encontradas de cada par de variables independientes (Figuras 4 y 5) con el fin de poder visualizar mejor las relaciones entre cada par de gomitas y una determinada variable respuesta.

$$Y = Y_o + \beta_1 \cdot \text{CMC} + \beta_2 \cdot \text{GX} + \beta_3 \cdot \text{GG} + \beta_4 \cdot \text{CMC} \cdot \text{GX} + \beta_5 \cdot \text{GG} \cdot \text{GX} + \beta_6 \cdot \text{CMC} \cdot \text{GG} + \beta_7 \cdot \text{CMC} \cdot \text{CMC} + \beta_8 \cdot \text{GG} \cdot \text{GG} + \beta_9 \cdot \text{GX} \cdot \text{GX} \quad (\text{ec. 7})$$

Las Tablas 5 y 6 muestran que los diferentes hidrocoloides empleados y/o sus mezclas binarias influyen significativamente en algunos de los parámetros evaluados en la pasta fresca compuesta, siendo esta influencia diferente para cada uno de ellos.

### IV.4. ANÁLISIS DE LA TEXTURA

Se ha comprobado con éxito que el análisis instrumental sirve para estimar las características texturales de la pasta que son reconocidas como importantes por los consumidores, y por lo tanto, que afectan a la aceptabilidad de dicho producto (Brennan y Tudorica, 2007). Estas características son la firmeza, la pegajosidad/adhesividad y la elasticidad. Una pasta cocinada de calidad se caracteriza por mantener una buena textura, ser resistente a la desintegración de la superficie y a la pegajosidad, y conservar una estructura firme o una consistencia al dente.

En la Tabla 5 se muestra la significancia del efecto (lineal o cuadrático) de los diferentes hidrocoloides utilizados y de sus interacciones en los parámetros mecánicos

analizados en las muestras de pasta obtenidas a partir de las diferentes formulaciones ensayadas. Los parámetros obtenidos fueron:

- La fuerza máxima de corte (F), relacionada con la dureza o firmeza de la pasta.
- La pendiente inicial de la curva fuerza-tiempo, que proporciona información acerca de la elasticidad de la masa.
- El área comprendida debajo de la curva fuerza-tiempo (A), entre el momento inicial del ensayo y la fuerza de corte obtenida en cada caso. Es el trabajo requerido para cortar la pasta, y por tanto puede considerarse como un parámetro complejo que tiene en cuenta tanto la elasticidad de la masa como la resistencia a la rotura que ésta ofrece, por lo que representa la consistencia de la masa.

Sólo se presentan aquellas relaciones que resultaron significativas ( $p < 0,05$ ) y con buen ajuste al modelo de regresión múltiple ( $R^2 > 75\%$ ). Se ha incluido además el parámetro relacionado con la elasticidad de la pasta cocida ( $S_{i.c}$ ), pues aunque presenta un ajuste al modelo algo inferior, ( $R^2 = 60,9\%$ ), permite observar la tendencia en su comportamiento en función de las gomas empleadas.

Los coeficientes del modelo revelan que, en el intervalo de concentraciones de hidrocoloides ensayadas, la presencia de goma xantana en las formulaciones es la que más influye en la respuesta mecánica de la pasta fresca. Se ha encontrado una relación lineal con  $A_0$  ( $R^2 = 77,37\%$ ),  $A_c$  ( $R^2 = 88,99\%$ ) y  $F_c$  ( $R^2 = 88,85\%$ ). Esto es, se produce un aumento de la consistencia y de la firmeza con la cantidad de xantana añadida, lo que se traduce en un producto cocido con mejores características texturales como consecuencia de una masa mejor estructurada.

Por otra parte, aparece una interacción significativa entre la CMC y la GX sobre  $A_c$  (negativa), y sobre  $S_{i.c}$  (positiva). La elasticidad de la pasta cocida cuando se combinan ambas gomas aumenta significativamente ( $\beta = 0,09$ ), mientras que a partir de una concentración cercana al 0,6% se produce una disminución en la consistencia ( $\beta = -3,69$ ). Por lo tanto, resulta recomendable desde este punto de vista combinar CMC (a concentraciones inferiores al 0,6%) con GX en todo el rango de concentraciones ensayadas. La GG sólo afecta significativamente a la elasticidad final de la pasta. Este efecto lineal observado, aunque muy suave ( $\beta = 0,05$ ), permite observar una tendencia positiva, por lo que sería interesante aumentar aún más la concentración de este hidrocoloide. En cualquier caso, los resultados obtenidos señalan que el empleo de GG en concentraciones de hasta 0,8% no supone una mejora de la textura del producto.

La CMC tampoco afecta significativamente a la respuesta mecánica de la pasta, ni antes ni después de la cocción. Únicamente aparece un efecto cuadrático negativo de este hidrocoloide sobre la elasticidad de la pasta cocida. Por lo tanto, este hidrocoloide no aporta en estas concentraciones mejoras a la textura de la pasta fresca lista para su consumo. Por lo tanto, no se recomienda el uso de CMC en las concentraciones ensayadas.

En la Figura 7a-f se muestran las gráficas de superficie de respuesta, donde se puede observar que, efectivamente, la adición de un 0,8% de goma xantana en las formulaciones supone un incremento de un 100,69% y de un 92,69% en la consistencia de la masa recién elaborada ( $A_0$ , Figura 7a) y en la de la pasta cocida ( $A_c$ , Figura 7b), respectivamente. Y además, la firmeza de la pasta cocida experimenta una mejora del 75,85% (Figuras 7c y 7d). Por otra



parte, la elasticidad de la pasta cocida aumentó desde 0,213 hasta 0,2569N/s al aumentar la concentración de goma de garrofín desde 0 a 0,8% (valores calculados según el modelo ajustado, que es el que presenta un peor ajuste, y de ahí las diferencias que se observan con los valores que aparecen en la gráfica) (Figura 7e). Finalmente, también es posible visualizar el efecto cuadrático negativo de la CMC sobre la elasticidad, y en este sentido no resulta conveniente su uso en el rango de concentraciones ensayado (Figura 7f).

Tabla 5 - Valores de la constante ( $Y_0$ ) y los parámetros b obtenidos del ajuste a los modelos de regresión múltiple para describir la relación entre los parámetros mecánicos: elasticidad ( $S_i$ ), firmeza (F y A) (se muestran las relaciones significativas) (se muestran las relaciones significativas). Los subíndices o y c hacen referencia a la pasta recién elaborada y la pasta cocida, respectivamente

	$A_o$ (N·s)	$F_c$ (N)	$S_{ic}$ (N/s)	$A_c$ (N·s)
<b>Constante (<math>Y_0</math>)</b>	10,503	2,010	0,213	7,683
<b>CMC</b>	-	-	-	-
<b>GX</b>	13,22	1,905	-	8,902
<b>GG</b>	-	-	0,055	-
<b>CMC*CMC</b>	-	-	-0,102	-
<b>GX*GX</b>	-	-	-	-
<b>GG*GG</b>	-	-	-	-
<b>CMC*GX</b>	-	-	0,0927	-3,699
<b>CMC*GG</b>	-	-	-	-
<b>GX*GG</b>	-	-	-	-
<b>R<sup>2</sup></b>	77,3749	88,8472	69,2994	88,9904
<b>R<sup>2</sup> (GL)</b>	75,6345	87,9893	60,9265	87,1555
<b>Valor P</b>	0,0000	0,0000	0,0037	0,0000

Análisis estadístico al 95% de confianza

Variables independientes: CMC (carboximetilcelulosa), GX (goma xantana), GG (goma de garrofín)

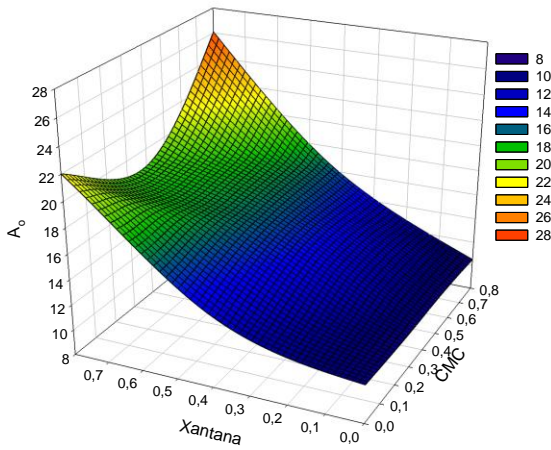


Figura 7a

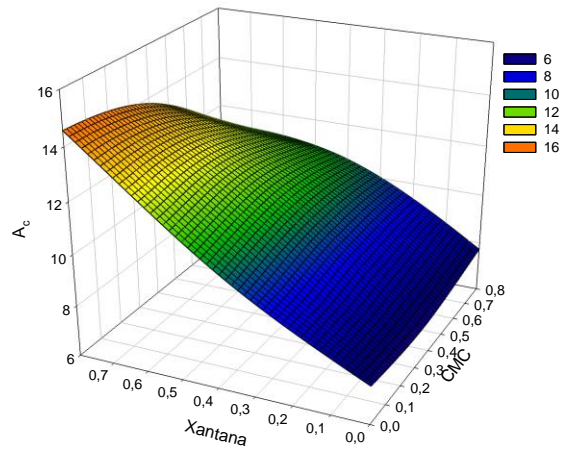


Figura 7b

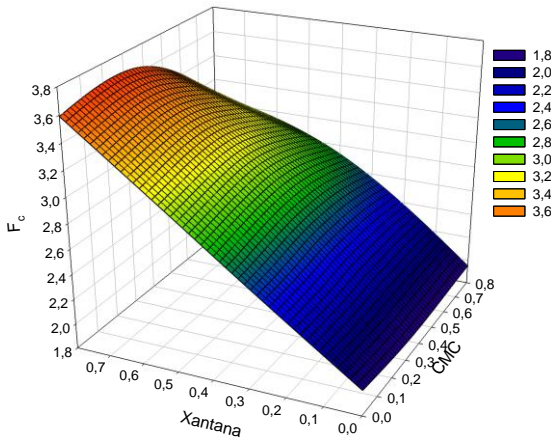


Figura 7c

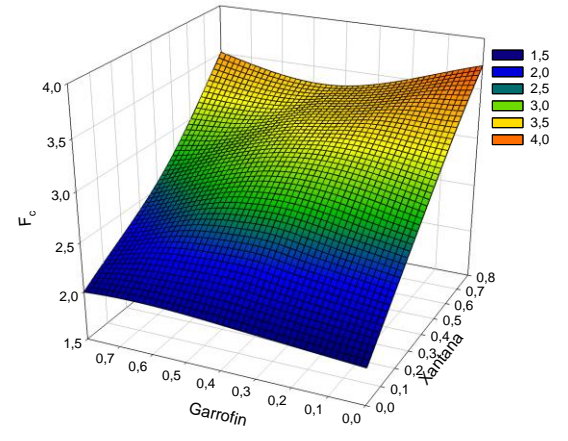


Figura 7d

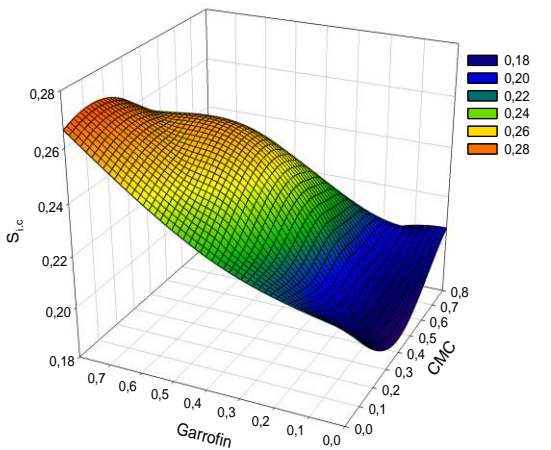


Figura 7e

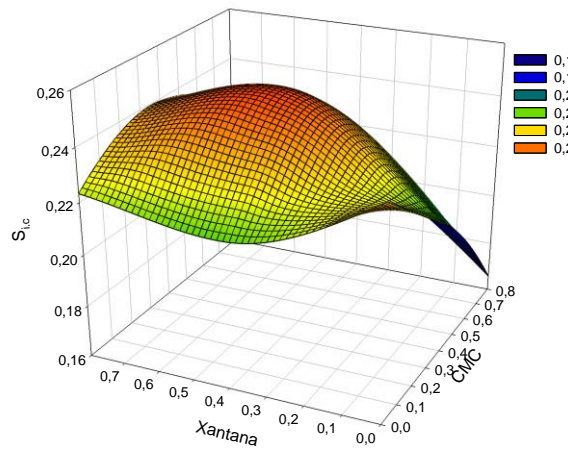


Figura 7f

Figura 7a-7f - Superficies de respuesta para la consistencia de la pasta antes y después de la cocción ( $A_0$  y  $A_c$ , Figuras 7a y 7b, respectivamente), la firmeza de la pasta cocida ( $F_c$ , Figuras 7c y 7d) y la elasticidad de la pasta cocida ( $S_{1c}$ , Figuras 7e y 7f).

#### IV.5. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA COCCIÓN Y DEL COLOR

En la Tabla 6 se muestra la significancia del efecto (lineal o cuadrático) de los diferentes hidrocoloides utilizados y de sus interacciones en los siguientes parámetros analizados en las muestras de pasta obtenidas a partir de las diferentes formulaciones ensayadas:

- El índice de absorción de agua (IAA), que indica la ganancia de agua por parte de la pasta durante la cocción.
- El porcentaje de pérdidas (%P), que proporciona la información acerca de la pérdida de materia soluble durante la cocción.
- La coordenada de color  $b_{o}^{*}$ , que representa el contenido de amarillo y de azul (+ y - respectivamente).
- El parámetro de color  $C_{ab.o}^{*}$ , que revela la intensidad, pureza o saturación del color en proporción a su luminosidad.

En este caso, únicamente se ha encontrado un buen ajuste ( $R^2 > 75\%$ ) del modelo de regresión múltiple a los datos del IAA ( $R^2$  97,65%). Sin embargo, se han incluido los otros tres parámetros, con un  $R^2$  cercano al 60%, pues con el ajuste obtenido sí es posible observar una tendencia que ayude a evaluar la conveniencia o no de emplear las gomas estudiadas y en qué concentraciones.

Para los parámetros analizados relacionados con la cocción (IAA y %P), se observa que la influencia de goma de garrofín sobre el IAA es muy pequeña ( $\beta = -0,083$ , Figura 8a).

En el caso de la GX, los resultados revelan que hay que emplear una concentración superior al 0,8% para que se puedan obtener, previsiblemente, valores de IAA superiores a los alcanzados sin emplear este hidrocoloide, pues las cantidades de GX utilizadas en este estudio no han sido suficientes y es a partir de concentraciones de 0,4% cuando se produce un aumento del IAA con la concentración de GX (Figuras 8a y 8b). Por otra parte, las relaciones lineales positivas encontradas al combinar la GX con la CMC o con la GG indican que podría existir un efecto sinérgico entre ambas sobre el IAA alcanzado, si bien es la combinación CMC y GX la que supone un aumento del IAA del 21,9% sobre el resultado obtenido si se empleara únicamente GX (considerando la concentración más alta empleada, esto es, 0,8% de cada goma). Es decir, cuando se adiciona CMC junto con GX, aparece un efecto significativo ( $\beta = 0,288$ ) que contrarresta el efecto negativo generado por la GX al principio de la curva, aumentando así el IAA (Figura 8b). Por otro lado, en la Figura 8a se puede observar que la disminución del IAA con el aumento en la concentración de GG es prácticamente inapreciable ( $\beta = -0,083$ ).

En base a estos resultados, parece apropiado, si lo que se quiere conseguir es un mayor IAA, combinar GX y CMC o bien aumentar la concentración de GX por encima del 0,8%. Y en cualquier caso, no parece que la goma de garrofín aporte ningún beneficio en este sentido, en el rango de concentraciones analizado.

En cuanto al %P, hay un efecto cuadrático negativo ( $\beta = -0,872$ ) de la GX, de tal manera que es posible observar que a partir de una concentración del 0,4% (Figura 8c), un aumento en la cantidad de GX supone una disminución del %P. Una concentración de GX del 0,8% podría suponer un 16,69% menos de pérdidas de sólidos durante la cocción. En cambio, la GG tiene

un efecto cuadrático positivo ( $\beta = 0,625$ ), que hace que aumente el %P (Figura 8d). Por lo tanto, los resultados obtenidos indican que el empleo de goma xantana a concentraciones incluso superiores al 0,8% podría ayudar a minimizar las pérdidas de sólidos que tienen lugar durante la cocción como consecuencia, principalmente, de la solubilización del almidón. Y que no es recomendable el uso de goma de garrofín. La CMC no influye significativamente en este parámetro. Aravind et al. (2012) no encontraron tampoco cambios en el %P al sustituir con CMC (0-1,5%) la sémola de trigo duro en la elaboración de espagueti, y sí un aumento en la absorción de agua. Sin embargo, Komlenic et al. (2006) observaron un incremento de ambos parámetros al incorporar entre 0,15 y 0,75% de CMC en las formulaciones de pasta a base de sémola de trigo duro. En cuanto a la goma xantana y la goma de garrofín, es conocido su efecto sinérgico en soluciones dando lugar a un aumento mayor de su viscosidad o a la formación de geles (Larrosa et al., 2013). En este estudio esta interacción sinérgica no parece ser tan marcada, y sí la observada al usar CMC y GX sobre el IAA.

Los parámetros analizados relacionados con las propiedades ópticas que presentan relaciones estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con las gomas empleadas, son la coordenada de color  $b^*_o$  y el croma ( $C^*_{ab,o}$ ). Estos parámetros no se ajustan tan bien al modelo de regresión ( $R^2$  60,63% para  $b^*_o$  y  $R^2$  58,46% para  $C^*_{ab,o}$ ), pero tal como se ha comentado previamente, sí es posible observar una tendencia en su comportamiento con la concentración de gomas empleada (Figuras 8e y 8f). Los dos están influenciados por las mismas variables y en el mismo sentido (Tabla 6). Así pues, la CMC, tiene sobre los parámetros  $b^*_o$  y  $C^*_{ab,o}$  un efecto cuadrático positivo ( $\beta = 1,331$  y  $\beta = 1,442$  respectivamente), de tal manera que en el intervalo estudiado su valor se incrementa a medida que aumenta la cantidad empleada de este hidrocoloide. Esto se traduce en que, por una parte, habrá mayor presencia de amarillo en las muestras cuando se adiciona la CMC, y por otra, la intensidad o saturación de color (el cual es proporcional a la luminosidad) aumentará cuando aumente la cantidad de CMC añadida. Ambas características son muy apreciadas por los consumidores, que buscan en la pasta fresca una apariencia amarillenta al relacionarla directamente con la presencia de huevo (Alamprese et al., 2009). Aravind et al. (2012) encontraron resultados similares al emplear concentraciones entre 0 y 1,5% de CMC en las formulaciones de pasta a base de sémola de trigo duro. Por otra parte, se observa que la interacción entre CMC y GX es significativa, pero es negativa, traduciéndose en una disminución de los valores de  $b^*_o$  y  $C^*_{ab,o}$  ( $\beta = -2,471$  y  $\beta = -2,626$  respectivamente) y por tanto siendo negativo el uso combinado de estos hidrocoloides para el color final de la pasta, ya que no será tan apreciada por los consumidores. En la pasta cocida, estas diferencias desaparecen a consecuencia de la absorción de agua, por lo que no se encontraron relaciones significativas.

En resumen, parece interesante el empleo de CMC, sin combinación con goma xantana, para conseguir un producto con un grado de tonalidad amarilla mayor y más marcada en las pasta recién elaborada.

Tabla 6 - Valores de estimación o constante ( $Y_o$ ) y los parámetros  $\beta$  obtenidos del ajuste a los modelos de regresión múltiple para describir la relación entre 9 variables independientes y los parámetros: índice de absorción de agua (IAA), pérdidas e sólidos (%P), coordenada de color  $b_o^*$  y el croma  $C_{ab,o}^*$  (se muestran las relaciones significativas). Los subíndices  $o$  y  $c$  hacen referencia a la pasta recién elaborada y a la pasta cocida, respectivamente

	IAA (g /g)	%P	$b_o^*$	$C_{ab,o}^*$
<b>Constante (<math>Y_o</math>)</b>	1,01267	3,34136	19,2952	20,1591
<b>CMC</b>	-	-	-	-
<b>GX</b>	-0,631424	-	-	-
<b>GG</b>	-	-	-	-
<b>CMC*CMC</b>	-	-	1,33124	1,44157
<b>GX*GX</b>	0,531295	-0,87169	-	-
<b>GG*GG</b>	-0,0829882	0,624838	-	-
<b>CMC*GX</b>	0,287905	-	-2,47099	-2,62642
<b>CMC*GG</b>	-	-	-	-
<b>GX*GG</b>	0,100721	--	-	-
<b>R<sup>2</sup></b>	97,6456	61,478	60,6317	58,4649
<b>R<sup>2</sup> (GL)</b>	96,3376	55,0577	54,0703	51,5424
<b>Valor P</b>	0,0000	0,0033	0,0037	0,0051

Análisis estadístico al 95% de confianza

Variables independientes: CMC (carboximetilcelulosa), GX (goma xantana), GG (goma de garrofín)

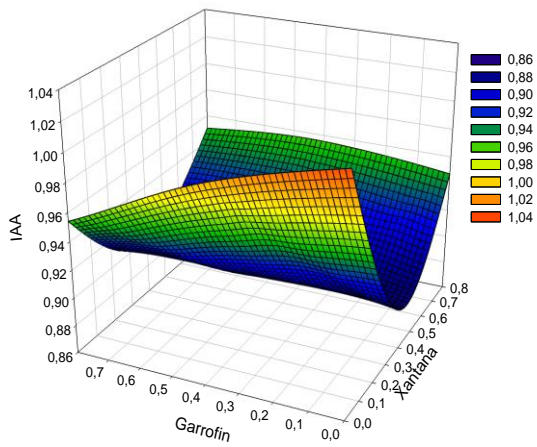


Figura 8a

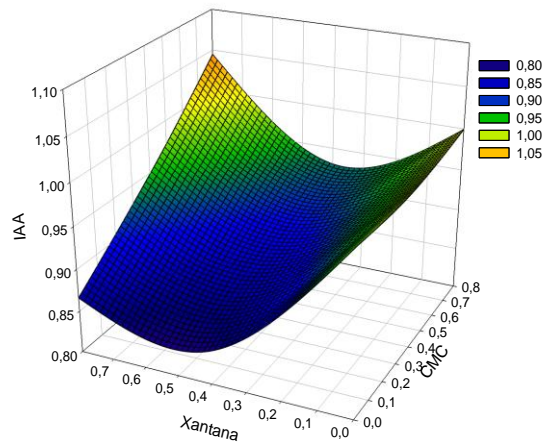


Figura 8b

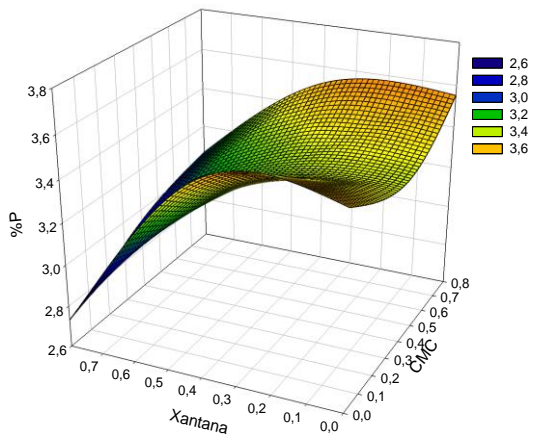


Figura 8c

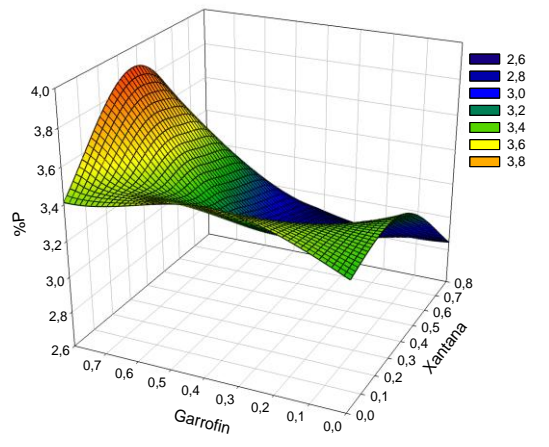


Figura 8d

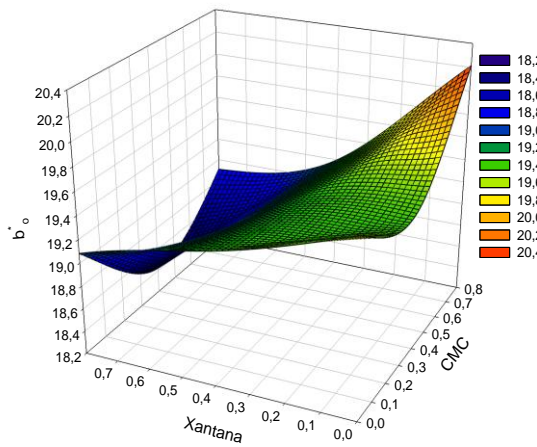


Figura 8e

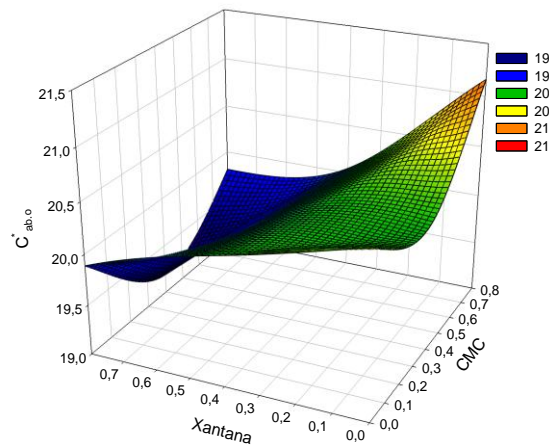


Figura 8f

Figura 8a-f - Superficies de respuesta para el índice de absorción de agua (IAA, Figuras 8a y 8b), las pérdidas en la cocción (%P, Figuras 8a y 8b), coordenada de color  $b^*$  de las pasta cocida ( $b^*_c$ , Figura 8e) y croma de la pasta cocida ( $C^*_{ab,c}$ , Figura 8f).

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES



## V. CONCLUSIONES

Del análisis de superficie de respuesta se ha podido concluir que la goma xantana ha mejorado significativamente las características texturales del producto antes y después de la cocción, aumentando tanto la firmeza como la consistencia de las pastas enriquecidas en fibra.

El empleo de CMC en combinación con la goma xantana puede disminuir la consistencia de la pasta tras la cocción a partir de una concentración del 0,6%, si bien mejora significativamente su elasticidad. Además, la incorporación de CMC en las formulaciones de pasta imparte coloraciones significativamente más amarillentas, lo cual debe ser tenido en cuenta de cara a su aceptación comercial.

La absorción de agua durante la cocción de las pastas se observó significativamente afectada por la presencia de hidrocoloides: la combinación goma xantana y CMC o la incorporación de GX a partir del 0,8% aumentaron el IAA. La GX empleada a estos niveles minimiza además las pérdidas de sólidos solubles. Un aumento del IAA de las formulaciones puede reducir el tiempo óptimo de cocción y por tanto lo convierte en un producto de rápida preparación por el consumidor.

En general, puede afirmarse que no es recomendable el uso de goma de garrofin en las concentraciones ensayadas puesto que no ha introducido mejoras en los atributos de calidad analizados en el presente trabajo.



## **CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA**



## VI. BIBLIOGRAFÍA

- A.A.C.C. American Association for Clinical Chemistry, (2000). International approved methods of analysis 10. St. Paul, MN, USA.
- A.A.C.C. American Association for Clinical Chemistry, (2005). International approved methods. Method number 44-15. A moisture by oven drying method. St. Paul, MN, USA.
- ARAVIND, N.; Sissons, M.; Egan, N.; Fellows, C. (2012a). Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durumwheat spaghetti. *Food Chemistry* 130, 299-309.
- ARAVIND, N.; Sissons, M.; FELLOWS C.M. (2012b). Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry* 131, 893-900.
- BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. (2011). Functional foods development: trends and technologies. *Trends in Food Science and Technology* 22, 498-508.
- BRENNAN, C. S.; BLAKE, D. E.; ROBERTS, F. G.; ELLIS, P. R. (1996). A microscopical evaluation of the location and effects of galactomannan deposits in guar and wheat bread products: Implications for wheat starch digestion and absorption. *Journal of Cereal Science*, 24, 151-160.
- BRENNAN, C.S.; TUDORICA, C.M. (2007). Fresh pasta quality as affected by enrichment of nonstarch polysaccharides. *Journal of Food Science: Sensory and Nutritive Qualities of Food*, 72 (9), 659-665.
- 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.
- 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.
- BROCKMOLE C.L.; ZABIK, M.E. (1976). Durum wheat bran and middlings in white layer cakes. *Journal of Food Science*, 41,357-360.
- CALLEJO GONZÁLEZ, M.J. (2002). *Industrias de cereales y derivados*. Ed. Mundi-Prensa, 337.
- 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.
- CHIRALT BOIX, A.; MARTÍNEZ NAVARRETE, N.; GONZÁLEZ MARTÍNEZ, C.; TALENS OLIAG, P.; MORAGA BALLESTEROS, G. (2007). *Propiedades físicas de los alimentos*. Ed. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, 203.
- CUBERO, N.; MONFERRER, A.; VILLALBA, J. (2002). *Aditivos alimentarios*. Ed. Mundi.Prensa. Madrid, 240.

- DENDY, D.A.V.; DOBRASZCHZYK, B.J. (2001) *Cereals and cereals products. Chemistry and technology*. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York: 537.
- EPSA Aditivos Alimentarios. Tríptico Hidrocoloides. Consultado el 21 de mayo del 2014.  
[http://www.aditivosalimentarios.es/php\\_back/documentos2/archivos/TRIPTICO%20HIDROCOLOIDES%20EN%20A4%20WEB%20EPSA.pdf](http://www.aditivosalimentarios.es/php_back/documentos2/archivos/TRIPTICO%20HIDROCOLOIDES%20EN%20A4%20WEB%20EPSA.pdf)
- FOSCHIA, M.; PERESSINI, D.; SENSIDONI, A.; BRENNAN, C.S. (2013). The effects of dietary fibre on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science* 58: 216-227.
- 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*, 21 (1): 25-30.
- 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.
- HEMERY, Y.; ROUAU, X.; LULLIEN-PULLERIN, V.; BARRON, C.; ABECASSIS, J. (2007). Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, 46, 327-347.
- HOWARD, B.M.; YEN CON, H.; KAY, M. (2011). Analysis of Ingredient Functionality and Formulation Optimization of Pasta Supplemented with Peanut Flour. *Journal Food Science*. 76, 40-47.
- INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION (IPO) 2011, consultado el 2 de junio del 2014  
[www.internationalpasta.org](http://www.internationalpasta.org)
- ISABEL, L.; GURAYA, H.; CHAMPANGE, E. (2001). The functional effectiveness of reprocessed rice bran as an ingredient in bakery products. *Wiley International Science*, 46, 112–117.
- JENKINS, D. J. A.; KENDALL, C. W. C.; AUGUSTIN, L. S. A.; MARTINI, M. C.; AXELSEN, M.; FAULKNER, D. (2002). Effect of wheat bran on glycemic control and risk factors for cardiovascular disease in type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25, 1522–1528.
- KAUR, G.; SHARMA, S.; NAGI, H.P.S.; DAR, B.N. (2012). Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans. *Journal of Food Science and Technology*, 49(4): 467–474.

- KAY, R.M.; TRUSWELL, A.S. (1980). Dietary fiber: Effects on plasma and biliary lipids in man. In: Spiller GA, Kay RM (eds) Medical aspects of dietary fiber. Plenum press, New York, 183.
- KENT, N.L. (1987). Technology of cereals. An introduction for students of food science and agriculture. Ed. Pergamon Press LTD. Oxford: 221
- LARROSA, V.; LOENZO, G.; ZAITZKY, N.; CALIFANO, A. (2013). Optimization of rheological properties of gluten-free pasta dough using mixture design. *Journal of Cereal Science* 57, 520-526
- LEVINE, L. (2001). Extruder screw performance. V. *Cereal Foods World*, 46, 169.
- MAO, C.F.; RWEI, S.P. (2006). Cascade analysis of mixed gels of xanthan and locust bean gum. *Polymer* 47, 7980-7987
- MARTÍNEZ MONZÓ, J.; GARCÍA SEGOVIA, P. (2001). *Nutrición humana*. Ed. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia: 384.
- PADALINO, L.; MASTROMATTEO, M.; DE VITA, P.; FICCO, D.B.M.; DEL NOBILE, M.A. (2013). Effects of hydrocolloids on chemical properties and cooking quality of glutenfree spaghetti. *International Journal of Food Science and Technology* 48, 972- 983.
- 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). BOE 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. BOE 28/07/76.
- REAL DECRETO 2811/83 de 13/10/83. Por el que se modifica la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Pastas Alimenticias. Aclarar el contenido del apartado 10 del artículo 15: Fecha de fabricación y periodo máximo de consumo para las pastas rellenas y las frescas. Será necesaria además la mención "conservación en frío" en las pastas frescas, ya sean simples, compuestas o rellenas. BOE 11/11/83.
- REAL DECRETO 1286/1984 de 23/05/1984. Por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda para consumo humano. B.O.E. 06/06/1984.
- REAL DECRETO 1093/87 de 19/06/87. Por el que se modifican los métodos de análisis contenido en el anexo de la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Pastas Alimenticias aprobada por el Decreto 2181/75 de 12 de septiembre. BOE 08/09/87.
- REAL DECRETO 1534/91 de 12/09/91. Por el que se modifican determinados artículos de la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, Circulación y Comercio de Pastas Alimenticias. Los epígrafes referentes a la acidez de la grasa. Los apartados «Pastas Rellenas», «Pastas Alimenticias y «Pastas Frescas». BOE 30/10/91.

- REGLAMENTO (CE) nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea de 20/12/2006. Relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.
- ROMEO, 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.
- SCHNEEMAN, B. O. (1999a). Building scientific consensus: The importance of dietary fiber. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25, 691–699.
- SCHNEEMAN, B. O. (1999b). Building scientific consensus: The importance of dietary fiber. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1, 69.
- SOSULSKI, F.W.; WU, K.K. (1988). High fiber breads containing field pea hulls, wheat, corn and oat brans. *Cereal Chemistry*, 65, 186–191.
- 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.
- TUDORICA, C.M., KURI, V., BRENNAN, C.S., (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 347-356.
- YU LI, J.; NGADI, M.O. (2004). Textural and other quality properties of instant fried noodles as affected by some ingredients. *Cereal Chemistry* 81, 772-776.
- .

## **CAPÍTULO 7: ANEXOS**



MUESTRA	HUMEDAD		IAA			a <sub>w</sub>		% PÉRDIDAS
	PASTA FRESCA	PASTA COCIDA	PESO FRESCA (g)	PESO COCIDA (g)	IAA (Pc-Po/Po)	PASTA FRESCA	PASTA COCIDA	
	HUMEDAD	HUMEDAD						
FC	35,856	67,991	24,842	50,382	1,028	0,9888	1,0019	3,100
FC	36,566	67,953	25,017	51,734	1,068			
FC	37,561	68,624	25,016	54,517	1,179			
ST0	35,826	67,075	25,053	48,224	0,925	0,9892	0,9995	3,976
ST0	35,914	69,016	24,891	48,190	0,936			
ST0	35,932	68,502	25,045	50,380	1,012			
ST1	35,739	69,981	25,181	48,759	0,936	0,9874	0,9995	3,060
ST1	37,278	69,114	25,180	52,640	1,091			
ST1	36,730	68,952	25,012	52,700	1,107			
ST2	35,835	67,309	25,018	44,353	0,773	0,987	0,9993	2,732
ST2	35,684	67,066	25,014	46,950	0,877			
ST2	36,672	66,485	25,133	48,982	0,949			
ST3	36,277	69,911	25,303	46,925	0,855	0,9892	0,9997	3,412
ST3	36,077	69,710	25,132	49,911	0,986			
ST3	37,137	69,745	25,080	50,711	1,022			
ST4	34,957	69,001	25,244	48,753	0,931	0,9878	1,0015	3,552
ST4	35,297	69,396	25,048	51,043	1,038			
ST4	33,702	69,280	25,376	51,486	1,029			
ST5	35,532	68,169	25,312	46,621	0,842	0,9867	1,0008	3,308
ST5	36,491	66,407	25,069	48,093	0,918			
ST5	36,245	67,950	25,021	49,841	0,992			
ST6	37,303	68,840	25,086	47,934	0,911	0,9881	0,9990	3,036
ST6	36,594	68,795	24,980	48,710	0,950			
ST6	36,802	69,082	25,430	50,605	0,990			

ST7	34,998	68,501	24,966	44,890	0,798	0,9883	1,0022	2,992
ST7	35,735	67,977	25,075	47,340	0,888			
ST7	36,804	69,397	25,075	49,160	0,961			
ST8	35,940	69,076	25,346	44,033	0,737	0,9902	1,0025	3,516
ST8	36,085	68,847	25,283	47,043	0,861			
ST8	36,889	67,916	25,222	48,492	0,923			
ST9	35,000	70,034	25,231	48,456	0,920	0,9904	1,0001	3,516
ST9	36,999	69,216	25,032	50,111	1,002			
ST9	35,476	69,656	25,021	51,586	1,062			
ST10	36,802	69,197	25,011	48,256	0,929	0,9887	0,9999	2,848
ST10	37,308	68,066	25,123	48,789	0,942			
ST10	37,262	68,516	25,215	49,689	0,971			
ST11	38,227	69,484	24,965	46,187	0,850	0,9876	1,0045	3,152
ST11	38,102	70,242	25,023	48,778	0,949			
ST11	37,548	69,946	24,974	50,169	1,009			
ST12	35,750	70,679	24,965	48,298	0,935	0,9893	1,0021	3,312
ST12	35,449	70,900	25,111	50,346	1,005			
ST12	35,718	71,074	24,932	53,097	1,130			
ST13	36,732	65,603	24,969	45,720	0,831	0,9877	1,0027	3,892
ST13	37,210	66,199	24,974	47,044	0,884			
ST13	36,368	67,001	25,002	47,668	0,907			
ST14	36,947	67,689	25,071	45,600	0,819	0,9882	1,0000	3,888
ST14	37,147	68,530	25,030	48,354	0,932			
ST14	36,664	67,584	25,106	50,704	1,020			
ST15	37,639	68,204	25,037	46,449	0,855	0,9893	1,0004	2,996
ST15	37,023	68,202	25,009	46,545	0,861			
ST15	36,902	68,457	25,073	48,162	0,921			



MUESTRA	DIMENSIONES								$\Delta V$
	PASTA FRESCA				PASTA COCIDA				
	ALTO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	V (cm <sup>3</sup> )	ALTO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	V (cm <sup>3</sup> )	
FC	0,12	7,10	0,42	0,358	0,19	8,20	0,51	0,795	1,220
FC	0,11	7,10	0,43	0,336	0,18	8,10	0,51	0,744	1,214
FC	0,11	7,00	0,43	0,331	0,19	8,10	0,51	0,785	1,371
ST0	0,12	7,20	0,43	0,372	0,19	8,20	0,51	0,795	1,139
ST0	0,12	7,10	0,42	0,358	0,20	8,20	0,52	0,853	1,383
ST0	0,11	7,10	0,43	0,336	0,19	8,20	0,51	0,795	1,366
ST1	0,12	7,00	0,42	0,353	0,20	8,50	0,50	0,850	1,409
ST1	0,12	6,90	0,42	0,348	0,19	8,60	0,50	0,817	1,349
ST1	0,12	6,90	0,42	0,348	0,20	8,50	0,50	0,850	1,444
ST2	0,12	6,90	0,42	0,348	0,20	8,30	0,50	0,830	1,387
ST2	0,12	7,00	0,42	0,353	0,20	8,40	0,50	0,840	1,381
ST2	0,12	7,00	0,42	0,353	0,20	8,30	0,50	0,830	1,353
ST3	0,12	7,00	0,42	0,353	0,20	8,30	0,50	0,830	1,353
ST3	0,12	6,90	0,41	0,339	0,19	8,20	0,50	0,779	1,295
ST3	0,12	7,00	0,42	0,353	0,20	8,20	0,50	0,820	1,324
ST4	0,12	7,10	0,41	0,349	0,20	8,50	0,50	0,850	1,433
ST4	0,12	7,00	0,42	0,353	0,19	8,30	0,50	0,789	1,235
ST4	0,12	6,90	0,42	0,348	0,20	8,30	0,50	0,830	1,387
ST5	0,12	6,90	0,42	0,348	0,20	8,50	0,50	0,850	1,444
ST5	0,12	7,10	0,42	0,358	0,19	8,60	0,50	0,817	1,283
ST5	0,12	7,10	0,42	0,358	0,19	8,50	0,50	0,808	1,257
ST6	0,12	7,10	0,42	0,358	0,20	8,50	0,50	0,850	1,375
ST6	0,12	7,10	0,42	0,358	0,19	8,50	0,49	0,791	1,211
ST6	0,12	7,00	0,42	0,353	0,20	8,30	0,50	0,830	1,353

ST7	0,12	7,00	0,42	0,353	0,19	8,30	0,49	0,773	1,190
ST7	0,11	7,10	0,42	0,328	0,19	8,50	0,50	0,808	1,462
ST7	0,12	7,10	0,41	0,349	0,20	8,50	0,50	0,850	1,433
ST8	0,12	7,10	0,42	0,358	0,20	8,50	0,50	0,850	1,375
ST8	0,12	7,10	0,42	0,358	0,19	8,40	0,49	0,782	1,185
ST8	0,12	7,00	0,42	0,353	0,20	8,40	0,50	0,840	1,381
ST9	0,12	7,10	0,43	0,366	0,19	7,90	0,51	0,766	1,090
ST9	0,12	7,10	0,43	0,366	0,19	8,20	0,52	0,810	1,211
ST9	0,11	7,00	0,43	0,331	0,19	8,20	0,51	0,795	1,400
ST10	0,12	7,10	0,43	0,366	0,20	8,10	0,51	0,826	1,255
ST10	0,12	7,00	0,43	0,361	0,20	8,10	0,51	0,826	1,287
ST10	0,12	7,00	0,43	0,361	0,20	8,10	0,51	0,826	1,287
ST11	0,12	7,00	0,43	0,361	0,19	8,20	0,53	0,826	1,286
ST11	0,11	7,10	0,43	0,336	0,19	8,30	0,52	0,820	1,442
ST11	0,12	7,00	0,43	0,361	0,19	8,20	0,52	0,810	1,243
ST12	0,12	7,00	0,43	0,361	0,20	8,20	0,53	0,869	1,406
ST12	0,12	6,90	0,43	0,356	0,19	8,20	0,52	0,810	1,275
ST12	0,12	7,10	0,43	0,366	0,20	8,20	0,52	0,853	1,328
ST13	0,12	7,10	0,42	0,358	0,20	8,30	0,51	0,847	1,366
ST13	0,12	7,10	0,43	0,366	0,19	8,20	0,51	0,795	1,169
ST13	0,11	7,10	0,43	0,336	0,19	8,20	0,51	0,795	1,366
ST14	0,12	7,00	0,43	0,361	0,19	8,30	0,52	0,820	1,270
ST14	0,11	7,10	0,42	0,328	0,20	8,20	0,51	0,836	1,550
ST14	0,12	7,00	0,43	0,361	0,19	8,20	0,51	0,795	1,200
ST15	0,12	7,00	0,43	0,361	0,20	8,20	0,51	0,836	1,316
ST15	0,12	7,10	0,43	0,366	0,19	8,30	0,51	0,804	1,195
ST15	0,12	7,10	0,43	0,366	0,20	8,20	0,52	0,853	1,328

MUESTRA	COLOR										$\Delta E$
	PASTA FRESCA					PASTA COCIDA					
	L*	a*	b*	C* <sub>ab</sub>	h* <sub>ab</sub>	L*	a*	b*	C* <sub>ab</sub>	h* <sub>ab</sub>	
FC	70,2782	0,7062	20,9016	20,9135	1,5370	66,5621	0,5698	14,3069	14,3182	1,5310	7,5709
FC	70,0625	0,7115	21,2719	21,2838	1,5374	67,9846	0,5149	12,5523	12,5629	1,5298	8,9659
FC	70,5365	0,6033	20,6184	20,6272	1,5415	66,6589	0,4687	13,4193	13,4275	1,5359	8,1781
FC	71,4974	0,7468	21,1619	21,1751	1,5355	67,7855	0,5364	13,4944	13,5051	1,5311	8,5213
FC	70,1807	0,7882	21,3719	21,3864	1,5339	68,4972	0,5861	13,1332	13,1463	1,5262	8,4114
ST0	59,7065	5,8615	19,0833	19,9632	1,2728	56,1017	3,8815	14,0672	14,5929	1,3016	6,4866
ST0	57,2504	6,4016	18,1088	19,2070	1,2310	55,9378	4,3716	13,4300	14,1236	1,2561	5,2664
ST0	57,1345	5,6989	20,4547	21,2338	1,2991	55,8296	4,3989	13,4944	14,1933	1,2557	7,1999
ST0	58,7807	5,9157	19,8085	20,6730	1,2806	57,3079	3,9157	13,5968	14,1494	1,2904	6,6899
ST0	56,7838	6,1540	19,7032	20,6419	1,2681	54,9461	4,2640	14,3698	14,9891	1,2823	5,9493
ST1	58,9719	5,9944	18,2386	19,1984	1,2533	57,7848	4,0924	13,8932	14,4834	1,2843	4,8897
ST1	57,7290	5,7930	19,6115	20,4492	1,2836	56,8704	3,8778	14,6473	15,1519	1,3120	5,3897
ST1	58,0825	5,2893	18,9986	19,7211	1,2993	57,6200	3,8062	14,4124	14,9065	1,3126	4,8422
ST1	58,7807	6,3503	18,2235	19,2982	1,2355	57,3190	3,7335	13,6079	14,1108	1,3030	5,5035
ST1	57,9888	6,0109	19,4556	20,3630	1,2711	58,7065	3,5153	13,7265daw	14,1695	1,3201	6,2901
ST2	57,5603	5,7715	19,4114	20,2512	1,2818	56,3364	3,6690	12,3856	12,9176	1,2828	7,4351
ST2	56,4474	5,9581	18,6327	19,5621	1,2613	55,8062	3,7610	12,4563	13,0117	1,2776	6,5868
ST2	57,5335	5,4152	19,5524	20,2884	1,3006	55,8578	3,7615	12,8126	13,3533	1,2852	7,1392
ST2	58,7013	5,2705	18,7354	19,4626	1,2966	55,9533	3,7298	12,6115	13,1515	1,2832	6,8868
ST2	57,4402	5,5731	19,0833	19,8804	1,2867	55,9940	3,9258	13,2268	13,7971	1,2823	6,2533
ST3	59,7065	5,6213	18,1088	18,9612	1,2698	55,1842	3,5253	13,4193	13,8746	1,3139	6,8437
ST3	57,5072	5,7538	19,6523	20,4773	1,2860	54,6612	3,8683	13,0641	13,6248	1,2829	7,4202
ST3	57,4265	5,9360	19,8966	20,7632	1,2809	56,5658	3,7053	13,0112	13,5285	1,2934	7,2887
ST3	58,2357	5,8174	19,8085	20,6451	1,2851	54,7208	3,9026	13,6482	14,1952	1,2923	7,3464
ST3	57,8136	5,6647	19,7927	20,5874	1,2920	54,4677	3,9040	13,4849	14,0387	1,2890	7,3541

ST4	57,7556	5,9856	20,2272	21,0942	1,2831	54,2257	3,6142	14,3069	14,7563	1,3234	7,2893
ST4	57,2504	6,2955	20,2012	21,1594	1,2687	54,7693	3,3089	13,0774	13,4895	1,3230	8,1132
ST4	57,4457	6,4286	20,0575	21,0625	1,2606	55,4896	3,1220	13,2768	13,6389	1,3398	7,7934
ST4	57,0147	6,2987	20,4547	21,4025	1,2721	55,1622	3,5631	12,5523	13,0482	1,2942	8,5652
ST4	57,1345	6,2640	20,1313	21,0833	1,2691	54,7526	3,7147	12,9810	13,5021	1,2921	7,9561
ST5	58,1443	5,6973	18,4835	19,3416	1,2718	55,9977	3,6015	11,7566	12,2959	1,2735	7,3656
ST5	56,4230	6,0661	18,7279	19,6858	1,2576	55,3351	3,7695	12,5380	13,0924	1,2787	6,6912
ST5	56,9888	5,7201	18,6567	19,5139	1,2733	56,1319	3,4087	12,0045	12,4791	1,2941	7,0943
ST5	57,4167	5,4640	18,5629	19,3504	1,2845	55,5575	3,7901	12,3074	12,8778	1,2721	6,7372
ST5	56,9856	5,9146	19,7032	20,5718	1,2792	57,2493	3,4466	11,2814	11,7961	1,2743	8,7799
ST6	57,3692	5,3516	18,2003	18,9708	1,2848	57,5981	3,7058	13,9834	14,4661	1,3117	4,5325
ST6	57,2056	5,3820	18,2558	19,0326	1,2841	57,6536	4,1043	13,1332	13,7596	1,2679	5,2985
ST6	56,7212	5,7053	18,4467	19,3088	1,2708	58,4645	3,3184	13,0067	13,4233	1,3210	6,1911
ST6	57,4251	5,3161	18,1039	18,8683	1,2852	57,6916	3,5566	14,1113	14,5526	1,3239	4,3712
ST6	57,3907	5,2439	17,8983	18,6507	1,2858	57,5489	3,9414	13,7254	14,2801	1,2912	4,3743
ST7	58,1056	5,9064	18,6673	19,5794	1,2644	55,4126	3,2915	12,0115	12,4543	1,3033	7,6413
ST7	57,7646	5,8268	19,0287	19,9008	1,2737	55,2409	3,5293	12,9760	13,4474	1,3052	6,9486
ST7	58,1511	5,5969	19,4910	20,2787	1,2912	55,4991	3,7638	12,2093	12,7763	1,2718	7,9634
ST7	59,6719	5,1867	18,2067	18,9311	1,2933	54,5590	4,0521	12,1974	12,8529	1,2501	7,9712
ST7	58,3314	5,6936	19,5527	20,3648	1,2874	54,6361	4,0674	13,1076	13,7242	1,2699	7,6052
ST8	57,5614	5,7436	19,2941	20,1309	1,2815	55,3278	3,2371	10,7220	11,2000	1,2776	9,2061
ST8	56,7838	5,9569	18,4879	19,4239	1,2591	52,5321	3,7031	11,8366	12,4023	1,2676	8,2095
ST8	56,4470	6,0156	19,8629	20,7538	1,2767	51,9412	4,6583	14,1240	14,8724	1,2522	7,4216
ST8	56,9981	6,2106	19,4200	20,3889	1,2613	54,1551	3,5628	11,5976	12,1325	1,2727	8,7340
ST8	56,7399	6,2566	19,6616	20,6331	1,2627	55,3241	4,2991	12,3649	13,0910	1,2362	7,6862
ST9	56,6853	5,9764	19,4048	20,3043	1,2720	59,7474	4,0249	15,6039	16,1146	1,3184	5,2566
ST9	56,8080	6,0901	20,0394	20,9444	1,2758	60,2817	4,1534	14,8636	15,4330	1,2983	6,5274
ST9	56,4451	6,1294	20,0153	20,9328	1,2736	58,9004	4,3137	15,6779	16,2605	1,3023	5,3046
ST9	57,5479	6,2051	19,8791	20,8250	1,2682	60,0739	3,9921	15,2455	15,7595	1,3147	5,7226
ST9	56,9940	5,8756	19,1803	20,0601	1,2735	60,4860	4,5383	14,2496	14,9548	1,2625	6,1882

ST10	58,0700	5,2399	18,3443	19,0780	1,2926	59,9576	4,0916	14,9299	15,4804	1,3033	4,0669
ST10	57,4655	5,6352	18,7727	19,6002	1,2792	59,4284	3,4363	12,2828	12,7544	1,2980	7,1279
ST10	57,1199	5,2433	18,7762	19,4946	1,2985	58,4943	4,0247	14,2869	14,8430	1,2962	4,8505
ST10	57,3450	5,7160	18,5286	19,3902	1,2716	60,1731	3,8235	13,9522	14,4666	1,3033	5,7029
ST10	58,6032	4,8091	18,8853	19,4880	1,3214	59,6759	3,5855	15,0457	15,4670	1,3369	4,1702
ST11	57,8335	5,4994	19,3274	20,0946	1,2936	60,0342	4,3112	15,3043	15,8999	1,2962	4,7371
ST11	57,6542	5,8627	19,8505	20,6982	1,2836	59,8459	3,8325	14,1170	14,6280	1,3057	6,4652
ST11	57,8496	5,6842	19,4150	20,2300	1,2860	59,2612	4,3311	15,3098	15,9106	1,2951	4,5471
ST11	57,7990	5,6064	19,0808	19,8874	1,2850	60,0105	4,0321	15,1476	15,6751	1,3106	4,7790
ST11	57,9546	5,5148	19,1386	19,9173	1,2902	59,9639	3,8042	15,4020	15,8649	1,3286	4,5745
ST12	57,9810	5,8876	19,3476	20,2236	1,2754	58,6676	4,1222	15,4608	16,0009	1,3102	4,3238
ST12	57,3125	5,9588	19,1498	20,0555	1,2691	58,8697	4,0368	14,8857	15,4234	1,3060	4,9297
ST12	57,1474	5,8502	19,8259	20,6710	1,2839	59,7820	3,7615	14,7498	15,2219	1,3211	6,0886
ST12	57,2495	5,9226	19,0902	19,9878	1,2700	59,7819	3,8085	14,6980	15,1834	1,3173	5,4931
ST12	57,1395	5,8085	19,3587	20,2113	1,2793	59,2586	4,0024	15,1548	15,6744	1,3126	5,0424
ST13	58,9220	6,5019	19,1303	20,2050	1,2432	56,7300	3,3921	12,1585	12,6228	1,2987	7,9424
ST13	57,7830	6,3066	19,0319	20,0496	1,2508	56,4823	3,6774	13,2232	13,7250	1,2995	6,5073
ST13	57,1857	6,4182	19,9826	20,9880	1,2600	56,4151	3,5343	12,7563	13,2369	1,3005	7,8186
ST13	57,6576	5,8935	19,7148	20,5768	1,2803	56,1619	3,5671	12,9035	13,3875	1,3011	7,3514
ST13	59,3344	5,5756	18,8778	19,6840	1,2836	56,5197	3,2144	12,1986	12,6150	1,3131	7,6230
ST14	59,3095	5,9416	19,1198	20,0217	1,2695	55,8358	3,4322	12,4167	12,8823	1,3011	7,9558
ST14	58,3375	5,7638	18,5565	19,4310	1,2696	55,8977	3,8278	12,6021	13,1706	1,2759	6,7198
ST14	57,8192	5,9579	19,4727	20,3638	1,2739	55,1484	3,6775	13,2644	13,7647	1,3003	7,1328
ST14	57,8466	5,9984	19,7972	20,6860	1,2766	56,7597	3,5399	12,8850	13,3624	1,3027	7,4165
ST14	59,0657	6,0184	18,1821	19,1523	1,2511	50,5054	4,5106	14,2610	14,9573	1,2645	9,5356
ST15	58,1002	6,1510	19,6893	20,6277	1,2680	56,1068	3,1323	9,3809	9,8900	1,2485	10,9247
ST15	57,2553	6,0569	19,3004	20,2285	1,2667	56,1093	3,7726	11,0310	11,6583	1,2413	8,6553
ST15	57,0374	6,2320	20,5643	21,4879	1,2765	56,3991	3,4307	9,9330	10,5088	1,2382	11,0127
ST15	57,7092	5,9807	19,6352	20,5258	1,2751	55,1906	3,4379	11,0346	11,5577	1,2688	9,3156
ST15	58,0285	5,8802	19,6233	20,4854	1,2797	54,7629	3,5879	10,4154	11,0161	1,2390	10,0351

MUESTRA	TEXTURA									
	PASTA FRESCA					PASTA COCIDA				
	F (N)	d (mm)	t (min)	A (N·sec)	Ptei (N/sec)	F (N)	d (mm)	t (min)	A (N·sec)	Ptei (N/sec)
FC	5,849	0,996	0,098	7,211	0,195	1,877	1,185	0,116	6,316	0,182
FC	5,625	0,867	0,085	9,730	0,384	1,735	1,224	0,120	5,708	0,065
FC	7,160	0,975	0,096	15,487	0,585	1,569	1,216	0,119	5,578	0,085
FC	5,510	1,006	0,099	11,766	0,374	1,643	1,314	0,129	6,222	0,116
FC	6,472	1,091	0,107	15,084	0,319	1,690	1,184	0,116	5,637	0,150
ST0	5,894	1,132	0,099	10,649	0,321	1,791	1,127	0,111	6,238	0,209
ST0	6,123	1,231	0,103	14,698	0,265	1,713	1,114	0,109	5,776	0,171
ST0	5,965	1,156	0,100	13,478	0,401	1,819	1,082	0,106	5,903	0,202
ST0	5,796	1,167	0,094	12,584	0,356	1,559	0,935	0,092	4,271	0,188
ST0	6,003	1,201	0,096	15,496	0,302	1,771	1,162	0,114	6,472	0,196
ST1	7,890	1,681	0,165	34,066	0,311	3,334	1,303	0,128	11,665	0,202
ST1	5,095	1,554	0,152	21,348	0,295	3,477	1,319	0,129	12,711	0,270
ST1	5,936	1,547	0,152	25,101	0,361	2,741	1,275	0,125	9,891	0,215
ST1	6,393	1,538	0,151	24,890	0,314	2,854	1,269	0,124	10,191	0,202
ST1	5,981	1,568	0,154	25,016	0,365	3,011	1,377	0,135	12,057	0,233
ST2	4,779	1,496	0,147	19,829	0,280	3,661	1,389	0,136	14,374	0,239
ST2	5,526	1,531	0,150	21,241	0,254	3,395	1,376	0,135	13,949	0,239
ST2	5,052	1,463	0,144	19,944	0,268	3,835	1,490	0,146	15,770	0,171
ST2	6,583	1,482	0,145	25,098	0,332	3,301	1,362	0,134	13,803	0,278
ST2	6,549	1,530	0,150	24,001	0,283	3,768	1,467	0,144	14,958	0,189
ST3	4,677	1,327	0,130	11,035	0,233	2,219	1,195	0,117	7,898	0,233
ST3	4,539	1,335	0,131	10,334	0,213	2,100	1,309	0,128	9,006	0,267
ST3	4,999	1,318	0,129	12,232	0,263	1,874	1,127	0,111	6,355	0,198
ST3	5,516	1,330	0,131	11,571	0,235	1,817	1,180	0,116	6,958	0,283
ST3	5,543	1,300	0,128	12,553	0,284	1,971	1,143	0,112	6,805	0,239
ST4	5,426	1,210	0,119	8,041	0,155	2,129	1,276	0,125	8,221	0,218

ST4	5,359	1,340	0,131	11,280	0,201	2,110	1,245	0,122	7,895	0,230
ST4	5,261	1,320	0,130	12,392	0,257	1,897	1,344	0,132	7,664	0,093
ST4	4,623	1,275	0,125	9,648	0,210	1,815	1,284	0,126	7,424	0,175
ST4	5,330	1,278	0,125	11,158	0,218	1,800	1,406	0,138	7,410	0,113
ST5	5,146	1,280	0,126	15,226	0,346	3,026	1,335	0,131	11,584	0,211
ST5	4,828	1,423	0,140	15,361	0,213	2,923	1,284	0,126	11,675	0,277
ST5	5,502	1,291	0,127	15,961	0,342	3,077	1,286	0,126	11,573	0,307
ST5	4,155	1,427	0,140	12,980	0,238	2,689	1,207	0,118	9,354	0,237
ST5	5,004	1,320	0,129	15,180	0,261	2,715	1,326	0,130	10,960	0,211
ST6	5,097	1,425	0,140	18,107	0,303	3,774	1,308	0,128	13,600	0,303
ST6	4,913	1,487	0,146	17,785	0,205	3,667	1,281	0,126	12,804	0,295
ST6	5,024	1,353	0,133	17,047	0,259	3,636	1,307	0,128	12,889	0,284
ST6	5,403	1,397	0,137	17,893	0,316	3,295	1,288	0,126	11,672	0,261
ST6	6,274	1,351	0,133	19,815	0,335	3,181	1,302	0,128	11,804	0,271
ST7	6,390	1,332	0,131	15,063	0,243	3,665	1,326	0,130	13,483	0,256
ST7	4,479	1,319	0,129	12,513	0,213	3,195	1,314	0,129	12,063	0,208
ST7	5,030	1,331	0,131	15,502	0,301	3,183	1,292	0,127	11,518	0,208
ST7	6,050	1,342	0,132	17,920	0,249	2,926	1,258	0,123	10,782	0,297
ST7	5,251	1,347	0,132	15,456	0,307	2,940	1,234	0,121	11,018	0,290
ST8	3,993	1,431	0,140	12,415	0,181	2,923	1,331	0,131	11,321	0,202
ST8	4,247	1,396	0,137	12,775	0,227	2,803	1,277	0,125	9,931	0,227
ST8	5,105	1,408	0,138	15,273	0,216	2,917	1,332	0,131	11,710	0,274
ST8	4,405	1,422	0,140	13,169	0,212	2,611	1,360	0,133	9,971	0,164
ST8	4,821	1,462	0,143	14,324	0,189	2,697	1,199	0,118	9,361	0,212
ST9	5,784	1,355	0,133	12,659	0,222	2,281	1,184	0,116	8,216	0,243
ST9	4,878	1,257	0,123	9,258	0,175	1,869	1,229	0,121	7,259	0,220
ST9	6,562	1,272	0,125	12,989	0,291	1,924	1,183	0,116	7,332	0,212
ST9	4,783	1,395	0,137	9,337	0,112	1,928	1,183	0,116	7,115	0,235
ST9	5,665	1,287	0,126	10,677	0,215	2,001	1,150	0,113	7,442	0,290
ST10	5,407	1,735	0,170	18,839	0,123	3,685	1,370	0,134	14,083	0,233
ST10	5,323	1,634	0,160	20,013	0,202	3,963	1,451	0,142	15,873	0,282

ST10	5,337	1,636	0,160	17,819	0,168	4,009	1,507	0,148	16,749	0,144
ST10	5,857	1,668	0,164	20,474	0,174	3,470	1,485	0,146	14,455	0,178
ST10	5,169	1,629	0,160	18,593	0,182	3,544	1,477	0,145	14,037	0,141
ST11	5,335	1,682	0,165	14,683	0,115	3,104	1,281	0,126	11,179	0,251
ST11	4,495	1,657	0,163	11,994	0,071	3,199	1,421	0,139	12,480	0,158
ST11	5,253	1,693	0,166	14,286	0,081	2,918	1,292	0,127	10,652	0,222
ST11	4,257	1,748	0,171	12,365	0,103	2,659	1,258	0,123	9,637	0,218
ST11	5,756	1,655	0,162	13,787	0,113	2,736	1,354	0,133	10,223	0,186
ST12	5,934	1,376	0,135	14,496	0,287	1,829	1,206	0,118	6,866	0,191
ST12	5,808	1,395	0,137	12,691	0,205	1,825	1,343	0,132	7,411	0,150
ST12	5,248	1,275	0,125	9,690	0,167	1,953	1,342	0,132	7,527	0,168
ST12	4,024	1,262	0,124	5,932	0,079	1,985	1,235	0,121	6,991	0,167
ST12	4,610	1,176	0,115	7,424	0,179	1,786	1,212	0,119	6,776	0,205
ST13	5,387	1,457	0,143	18,306	0,315	2,698	1,303	0,128	10,382	0,243
ST13	5,360	1,403	0,138	17,634	0,325	2,541	1,297	0,127	10,220	0,235
ST13	5,440	1,522	0,149	18,955	0,233	2,567	1,195	0,117	8,790	0,225
ST13	5,355	1,371	0,135	17,808	0,325	2,683	1,285	0,126	10,788	0,295
ST13	5,796	1,385	0,136	19,174	0,397	2,545	1,237	0,121	9,453	0,206
ST14	5,201	1,520	0,149	18,533	0,208	2,681	1,394	0,137	10,644	0,117
ST14	4,971	1,438	0,141	17,431	0,278	2,377	1,311	0,129	9,633	0,211
ST14	5,509	1,546	0,152	19,288	0,222	2,242	1,280	0,126	8,879	0,233
ST14	4,892	1,603	0,157	17,944	0,153	2,392	1,399	0,137	10,983	0,250
ST14	5,295	1,425	0,140	17,916	0,328	2,938	1,536	0,151	11,375	0,191
ST15	4,720	1,441	0,141	14,171	0,211	2,978	1,355	0,133	12,034	0,235
ST15	4,594	1,441	0,141	14,287	0,223	2,821	1,320	0,129	11,192	0,251
ST15	4,948	1,437	0,141	14,476	0,175	2,949	1,292	0,127	11,910	0,288
ST15	4,930	1,410	0,138	14,746	0,233	2,931	1,292	0,127	11,280	0,244
ST15	5,468	1,443	0,142	15,132	0,167	2,928	1,297	0,130	12,001	0,264



	H <sub>o</sub>	H <sub>c</sub>	a <sub>w,o</sub>	a <sub>w,c</sub>	IAA	%P	ΔV
CTE	35.9174	70.5948	0.989849	1.00097	1.01267	3.34136	1.31227
CMC			-0.00180048				
Xantana		-8.76297	-0.00171875	0.00258397	-0.631424		
Garrofin		-1.77774					
CMC*CMC				0.00119842			
Xantana*Xantana		6.82669		0.00305906	0.531295	-0.87169	
Garrofin*Garrofin	2.3141				-0.0829882	0.624838	
CMC*Xantana	3.35774	3.77358			0.287905		
CMC*Garrofin	- 3.49863			0.00157198			0.064337
Xantana*Garrofin					0.100721		
R2	53.9086	74.5632	43.2203	74.4758	97.6456	61.478	8.69782
R2 (GL)	41.3382	64.3884	33.757	64.2661	96.3376	55.0577	1.67458
S. Cuadrados (M)	4.72.68	15.0341	0.00000737741	0.0000256922	0.0509606	1.05967	0.00209104
S. Cuadrados (R)	4.03614	5.12882	0.00000969192	0.00000880518	0.00122874	0.663986	0.0219499
Razon F	4.29	7.33	4.57	7.29	74.65	9.58	1.24
Valor P	0.0311	0.005	0.0335	0.0051	0.0000	0.0033	0.2859

	F <sub>o</sub> (N)	S <sub>o</sub> (N/s)	A <sub>o</sub> (N·s)	F <sub>c</sub> (N)	S <sub>i.c</sub> (N)	A <sub>c</sub> (N·s)	ΔF	ΔS	ΔA
CTE	5.05703	0.180	10.5033	2.00974	0.213295	7.68293	-0.625641	-0.172308	-0.250944
CMC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xantana	-		13.22	1.90531	-	8.90237	0.744304	1.30188	-
Garrofin	-	0.135	-	-	0.0545164		-	-	-
CMC*CMC	-	-	-	-	-0.101787	-	-	1.53262	-
Xantana*Xantana	0.883302	-	-	-	-	-	-0.440138	-1.75009	-
Garrofin*Garrofin	-	-	-	-	-	-	-	1.50076	-
CMC*Xantana	-	-	-	-	0.092708	-3.69889	-0.221182	-	-
CMC*Garrofin	-	-	-	-	-	-	-	-3.57808	-0.332826
Xantana*Garrofin	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R2	31.3854	43.82	77.3749	88.7472	69.2994	88.9904	84.1555	75.0968	34.988
R2 (GL)	26.1073	39.4984	75.6345	87.9893	60.9265	87.1555	79.8343	61.2616	29.9871
S. Cuadrados (M)	0.713727	0.023328	223.704	4.64668	0.00986112	74.3551	0.147625	1.28628	0.0559595
S. Cuadrados (R)	1.56035	0.029908	65.413	0.58329	0.00436861	9.19893	0.0277943	0.426551	0.10398
Razon F	5.95	10.14	44.46	103.56	8.28	48.50	19.47	5.43	7
Valor P	0.0298	0.0072	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000	0.0001	0.0141	0.0202

	$L_o^*$	$a_o^*$	$b_o^*$	$C_{ab,o}^*$	$h_{ab,o}^*$	$L_c^*$	$a_c^*$	$b_c^*$	$C_{ab,c}^*$	$h_{ab,c}^*$	$\Delta E$
CTE	57.2261	5.9399	19.2952	20.1591	1.28016	57.1001	3.84631	14.1707	14.6862	1.29142	7.37361
CMC	1.04998						-0.181659			0.0339583	
Xantana								-7.47246	-7.32862	-0.123854	
Garrofin											
CMC*CMC			1.33124	1.44157							
Xantana*Xantana		-0.685016						8.46752	8.28694	0.146615	-2.34569
Garrofin*Garrofin											
CMC*Xantana			-2.47099	-2.62642		5.50688					
CMC*Garrofin					-0.0199747	-6.8509					
Xantana*Garrofin											
R2	30.9807	42.4581	60.6317	58.4649	20.0808	428592	5.89967	31.4164	30.6002	57.4906	16.2806
R2 (GL)	25.6715	38.0318	54.0703	51.5424	13.9332	33.3357	0	19.9858	19.0335	45.8971	9.84063
S. Cuadrados (M)	1.22298	0.429255	2.05854	2.33951	0.000201558	25.1451	0.0366079	7.47691	7.18887	0.00304892	5.0333
S. Cuadrados (R)	2.72459	0.581754	1.33662	1.66205	0.000802176	33.5239	0.583899	16.3225	16.304	0.00225442	25.8827
Razon F	5.84	9.59	9.24	8.45	3.27	4.50	0.82	2.75	2.65	4.96	2.53
Valor P	0.0312	0.0085	0.0037	0.0051	0.0939	0.0348	0.3831	0.1041	0.117	0.0204	0.1359