

***UNIVERSIDAD DE OVIEDO***

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

**“DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN  
DE NUEVOS PRODUCTOS A PARTIR DE  
LA YEMA DE HUEVO Y DE SUS  
FRACCIONES”**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

**POR**

**DAMIÁN VALVERDE GARCÍA**

**Junio, 2015**





Master en Biotecnología Alimentaria  
Universidad de Oviedo  
C/Julián Clavería s/n. 33071 Oviedo, España  
Tel. 985106226. Fax 985103434. <http://www.unioviado.es/MBTA>



**PROFESOR TUTOR:**

Dr. D. Mario Díaz Fernández (Universidad de Oviedo)

Dra. D Amanda Laca Pérez (Universidad de Oviedo)

**CERTIFICA:**

Que D. **Damián Valverde García** ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Master al que corresponde la presente memoria en el contexto de los estudios del Master Universitario en Biotecnología Alimentaria, 9ª promoción curso 2014-2015.

Oviedo, 27 de Mayo de 2015

D. Amanda Laca

D. Mario Díaz

VºBº

Manuel Rendueles de la Vega

Coordinador del Master en Biotecnología Alimentaria

## **Agradecimientos**

Me gustaría agradecer la colaboración, participación y ayuda en la realización del presente proyecto a las siguientes personas:

Al Doctor Mario Díaz por brindarme la oportunidad de desarrollar el presente proyecto en la unidad de Tecnología Alimentaria junto al grupo Tecnología de Bioprocesos y Reactores.

Al Doctor Benjamín Paredes por su participación, orientación e interés en las diferentes etapas del proyecto y agradecerle los conocimientos aportados en cada una de ellas, pues algunos han sido claves para el avance y/o expansión del proyecto.

A la Doctora Amanda Laca por su contribución y participación en las diferentes etapas del proyecto, agradeciendo también el aporte de consejos útiles para la superación de algunos impedimentos.

Al Doctor y coordinador del máster Manuel Rendueles por su orientación y ayuda con los temas administrativos relacionados con el proyecto.

Al Lluís Nel Estrada (“40 primaveres”) por el tiempo invertido y por la adaptación a la alta cocina de algunos de los productos desarrollados a lo largo de este proyecto.

A las personas que se prestaron voluntarias para las pruebas de evaluación sensorial por el tiempo y el esfuerzo invertido.

A mi familia por prestarme su apoyo durante la realización del proyecto.

# Índice

Resumen .....	7
Abstract .....	7
Lista de tablas .....	10
<b>1. Introducción.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Fundamentos teóricos .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 El huevo.....</b>	<b>16</b>
2.1.1 Estructura .....	16
2.1.2 Composición del huevo.....	18
2.1.3 Composición de las fracciones simples.....	20
2.1.4 Composición de las fracciones de la yema .....	22
2.1.5 El huevo y la alergia.....	22
2.1.6 El huevo y la enfermedad cardiovascular .....	23
2.1.7 Clasificación y etiquetado .....	24
2.1.8 Aplicaciones tecnológicas del huevo.....	25
<b>2.2 Hidrocoloides.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3 Compuestos de uso cosmético .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4 Recubrimientos comestibles .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5 Técnicas empleadas .....</b>	<b>33</b>
2.5.1 Reología .....	33
2.5.1.1 El reómetro.....	35
2.5.1.2 Tipos de ensayos reológicos .....	36
2.5.2 Evaluación de la textura.....	38
2.5.2.1 Evaluación sensorial .....	38
2.5.2.2 Texturometría.....	39
2.5.4 Microscopio electrónico de barrido.....	41
2.5.5 Colorimetría .....	41
<b>3. Materiales y métodos .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 Obtención de la yema y de sus fracciones .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2 Liofilización .....</b>	<b>44</b>
<b>3.3 Formulación de la gelatina base.....</b>	<b>44</b>
3.3.1 Reometría .....	45
3.3.2 Texturometría.....	45

3.3.3 SEM.....	47
3.3.4 Colorimetría .....	48
3.3.5 Recuento de mesófilos totales .....	48
3.3.6 Evaluación sensorial .....	49
<b>3.4 Elaboración de envases comestibles y snacks .....</b>	<b>49</b>
3.4.1 Contenido en humedad.....	50
<b>3.5 Elaboración de cremas hidratantes.....</b>	<b>51</b>
3.5.1 Reometría .....	52
3.5.2 Texturometría.....	52
3.5.3 Colorimetría .....	53
3.5.4. Evaluación sensorial .....	53
<b>3.6 Análisis estadístico .....</b>	<b>54</b>
<b>4. Resultados .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Elaboración de gelatinas.....</b>	<b>56</b>
4.1.1 Obtención de la formulación definitiva.....	56
4.1.2 Características generales .....	56
4.1.3 Contenido nutricional .....	57
4.1.4 Caracterización de las gelatinas .....	58
4.1.4.1 Reometría .....	58
4.1.4.2 Texturometría.....	61
4.1.4.3 SEM .....	64
4.1.4.4 Recuento de mesófilos totales .....	65
4.1.4.5 Colorimetría.....	66
4.1.4.6 Resultados de la evaluación sensorial.....	66
4.1.5 Aplicaciones de las gelatinas .....	68
<b>4.2 Elaboración de un recubrimiento .....</b>	<b>70</b>
4.2.1 Elaboración de láminas para envolver productos.....	70
4.2.2 Elaboración de recubrimientos protectores .....	71
<b>4.3 Elaboración snacks y recipientes comestibles .....</b>	<b>74</b>
4.3.1 Características generales .....	75
4.3.2 Contenido nutricional .....	76
4.3.3 Caracterización del recipiente comestible y de los snacks .....	77
4.3.3.1 Pruebas de tolerancia .....	77
4.3.3.2 SEM .....	78
4.3.3.3 Colorimetría.....	79
4.3.3.4 Recuento de mesófilos totales .....	80

4.3.3.5 Evaluación sensorial .....	80
4.3.3.6 Contenido en humedad .....	83
4.3.4 Usos y aplicaciones de los recipientes comestibles .....	83
<b>4.4 Elaboración de productos cosméticos .....</b>	<b>85</b>
4.4.1 Caracterización de la crema cosmética.....	86
4.4.1.1 Reología.....	87
4.4.1.2 Texturometría.....	87
4.4.1.3 Colorimetría.....	88
4.4.1.4 Evaluación sensorial .....	89
4.4.1.5 Recuento de mesófilos totales .....	91
<b>5. Balance económico .....</b>	<b>92</b>
5.1 Resumen del balance económico .....	93
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>95</b>
Abreviaturas y símbolos .....	97
<b>7. Bibliografía y webgrafía .....</b>	<b>98</b>
7.1. Bibliografía .....	99
7.2. Webgrafía .....	101
<b>Anexos .....</b>	<b>104</b>
Anexo 1. Cuestionarios de la evaluación sensorial .....	105
Anexo 2. Balance económico desarrollado en detalle.....	108
Anexo 3. Resultados del recubrimiento del salmón.....	117

## **Resumen**

El objetivo del presente trabajo ha sido el desarrollo y la caracterización de diferentes productos base a partir de la yema de huevo y sus fracciones (plasma y gránulos). Dicha caracterización ha sido llevada a cabo mediante diversas técnicas (reometría, texturometría, colorimetría, microscopia electrónica de barrido, evaluación sensorial y recuento de mesófilos totales).

El empleo de derivados de huevo ha demostrado ser determinante en las propiedades de los diferentes productos. En las gelatinas, la inclusión de yema o sus fracciones ha incrementado su dureza y resistencia, mientras que en los snacks, la inclusión de huevo mejora notablemente las características del producto. Respecto a las cremas cosméticas, se ha obtenido una formulación con alto contenido en plasma con buenas propiedades técnicas y con un buen grado de aceptación por parte de los panelistas.

En conclusión, el uso de la yema de huevo y de sus fracciones permite el desarrollo de nuevos productos base mejorando no sólo sus propiedades físicas, también sus características nutricionales y organolépticas. Además los productos desarrollados resultan viables a escala industrial desde un punto de vista técnico como económico.

## **Abstract**

The aim of this work has been the development of different base products by using egg yolk and its fractions (plasma and granules). These products have been characterized by means of different techniques (reometry, texturometry, colorimetry, scanning electron microscopy, sensory evaluation and total mesophilic count).

The use of egg derivatives has proved to be determinant on the characteristics of the developed products. In gelatins, the use of egg yolk and its fractions has increased hardness and resistance of the products. Additionally, in snacks, the use of egg derivatives notably improves the product characteristics. Regarding to cosmetic creams, a formulation with high plasma content has been developed. This product shows good technical properties and has been positively evaluated by the sensory panel.

To sum up, the use of egg yolk and its fractions allows the development of new base products improving not only their physical properties, but also their nutritional and

organoleptic characteristics. Furthermore, these products are also viable at industrial scale from an economic and also technical point of view.

## **Lista de figuras**

**Figura 1.** Estructura del huevo

**Figura 2.** Etiquetado del huevo

**Figura 3.** Tipos de fluidos no newtonianos independientes del tiempo

**Figura 4.** El reómetro rotacional

**Figura 5.** El texturómetro

**Figura 6.** Espacio de color CIE-lab

**Figura 7.** Ilustración del área bajo la curva tenida en cuenta para el cálculo

**Figura 8.** Ilustración del proceso de elaboración de snacks tras el enfriado y previo al secado

**Figura 9.** Determinación de la humedad

**Figura 10.** Ilustración sobre la obtención de los distintos parámetros del ensayo de untabilidad

**Figura 11.** Fotografía de las diferentes gelatinas elaboradas

**Figura 12.** Pruebas de regelificación

**Figura 13.** Resultados del barrido de esfuerzo

**Figura 14.** Resultados del barrido de temperatura lento

**Figura 15.** Resultados del barrido de temperatura rápido

**Figura 16.** Gráfica ejemplo de la prueba de compresión al 50%

**Figura 17.** Microestructura gelatinas

**Figura 18.** Microestructura de la materia liofilizada

**Figura 19.** Gelatinas desarrolladas a partir de la base

**Figura 20.** Gelatinas energéticas para deportistas

**Figura 21.** Productos comestibles

**Figura 22.** Snacks y recipientes comestibles desarrollados

**Figura 23.** Comparación de los recipientes comestibles sin huevo y con plasma antes y después del tratamiento térmico

**Figura 24.** Microestructura de los snacks

**Figura 25.** Aplicaciones de los snacks y recipientes comestibles

**Figura 26.** Tartaleta de champiñones con albahaca empleando un recipiente.

**Figura 27.** Cremas base desarrolladas y analizadas

**Figura 28.** Resultados del reómetro

**Figura A.** Cálculos para la determinación del coste energético de la materia prima

**Figura B.** Cálculos para estimar el coste energético de la elaboración de las gelatinas

**Figura C.** Cálculos para estimar el coste energético de la elaboración de los snacks

**Figura D.** Recubrimientos del salmón

## **Lista de tablas**

**Tabla 1.** Composición del huevo

**Tabla 2.** Composición de la yema y la clara

**Tabla 3.** Formulaciones de las cremas

**Tabla 4.** Contenido nutricional de la gelatina por cada 100g de producto

**Tabla 5.** Resultados promedio de las pruebas de texturometría

**Tabla 6.** Resultados de la prueba de colorimetría

**Tabla 7.** Resultados de la evaluación sensorial

**Tabla 8.** Resultados de la evaluación del salmón

**Tabla 9.** Contenido nutricional de los snacks por cada 100g de producto

**Tabla 10.** Resultados de la prueba de colorimetría

**Tabla 11.** Evaluación del sonido de los snacks en boca

**Tabla 12.** Resultados de la evaluación general de los snacks

**Tabla 13.** Contenido en humedad

**Tabla 14.** Formulación mejorada de la crema base

**Tabla 15.** Resultados de texturometría de las cremas

**Tabla 16.** Resultados de colorimetría de las cremas

**Tabla 17.** Resultados de la evaluación sensorial de las cremas

**Tabla 18.** Tabla resumen del balance económico

**Tabla A.** Resultados del recubrimiento protector a tiempo 0, 15 y 30 días

# **1. Introducción**

El huevo es un alimento ampliamente consumido y distribuido a nivel mundial. En España la producción anual supera las 800.000 toneladas de huevos, siendo la producción europea superior a las 6.500.000 toneladas y la mundial superior a las 60.000.000 toneladas (I). A nivel mundial la Unión Europea ocupa el segundo puesto en producción de huevos con un 13.5% por detrás de China que produce aproximadamente un 37%. Dentro de la Unión Europea, España ocupa la primera posición con una producción del 13.1%, seguida por Italia con un 11.9% y Alemania con un 11.7%. A fecha del 2012 unos 6 millones de huevos fueron consumidos por los hogares españoles y pese a la tendencia negativa que se ha observado en el periodo 2002-2012, en el cual el consumo de huevos por persona al año descendió de 17.2kg a 15.3kg, el consumo sigue siendo bastante importante llegando a facturar 1324,3 millones de euros en el año 2012, un 8.1% de la producción final ganadera (II). Pero el huevo no solo es un alimento importante e interesante desde el punto de vista económico, sino que también lo es desde el punto de vista nutricional y tecnológico.

Desde el punto de vista nutricional, el huevo es un alimento muy completo conteniendo en su composición una proteína de alto valor biológico, lo que significa que es capaz de proporcionar todos los aminoácidos esenciales, en concreto, es capaz de proporcionar los diez aminoácidos esenciales y ocho de los no esenciales. Aparte del contenido en aminoácidos, el huevo contiene una gran variedad de compuestos lipídicos con efectos beneficiosos sobre la salud como ácidos grasos monoinsaturados (incrementan los HDL y disminuyen los LDL en sangre, no modificando el colesterol total) y poliinsaturados (disminuyen tanto LDL como los HDL en sangre, disminuyendo el colesterol total), ácido linoleico (conocido como  $\omega 6$ ) y ácidos grasos  $\omega 3$  (reducción en el riesgo de padecer enfermedad cardiovascular como la reducción del riesgo de muerte por enfermedad coronaria (9)), entre otros. También contiene una amplia variedad de vitaminas (A, D, E, K, del complejo B, etc), una gran variedad de minerales y de otro tipo de compuestos como luteína y zeaxantina, los cuales son carotenos solubles en grasa que proporcionan color amarillo y cuya ingesta se ha visto relacionada con la reducción del riesgo de cataratas. Otro compuesto que contiene es la colina, un nutriente esencial cuya ingesta diaria recomendada puede cumplirse mediante la ingesta de huevo. La carencia de la colina desencadena daño hepático, anomalías en el crecimiento, cáncer, etc. (III, IV, V, VI, XXVI, XXVII).

De los compuestos mencionados anteriormente la mayoría se localizan en la yema, la clara solo contiene en mayor cantidad que la yema los minerales potasio y sodio, viéndose totalmente libre de grasa y colesterol. La presencia del colesterol es un

aspecto que provoca que la población limite la ingesta de huevo debido a su relación con el aumento del riesgo de padecer enfermedad cardiovascular. Algo importante a resaltar es que por un lado la ingesta de colesterol inhibe la síntesis endógena del mismo y reduce su absorción, y por otro que un estudio en el que han participado una gran multitud de personas (más de 70.000) y dos grandes metaanálisis demuestran que no hay una relación constatable entre la ingesta de huevo y el aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular (VIII, IX, 5). Con toda la información anterior se observa que la yema de huevo concentra todos los compuestos con efecto beneficioso nombrados hasta el momento en su composición, como son los carotenos (luteína y zeaxantina), los ácidos grasos mono y poliinsaturados, y una inmensa cantidad de minerales y vitaminas (VII). Todo esto hace que el uso de la yema de huevo en la elaboración de alimentos sea de gran interés, pues su uso enriquecerá sustancialmente el producto en una inmensa variedad de nutrientes. Además por medio de una centrifugación la yema puede separarse en dos nuevas fracciones, los gránulos y el plasma (2). Los gránulos se caracterizan por ser una fracción compuesta mayoritariamente por proteínas, mientras que por su parte el plasma se compone mayoritariamente de ácidos grasos, teniendo ambas una buena propiedad emulsionante (2, 11).

Desde el punto de vista tecnológico cabe mencionar que la industria ha sabido aprovechar las ventajas que el huevo y sus fracciones más sencillas (la clara y la yema) pueden aportar. Hay una inmensa cantidad de productos en el mercado que contienen al huevo completo o a una de sus partes como pueden ser productos de repostería, productos lácteos, mayonesas, salsas, etc. Aunque no solo la industria alimentaria ha sabido valorar las propiedades nutricionales y tecnológicas que el huevo puede aportar, pues también es empleado en el campo de la microbiología para la producción de medios de cultivo. Algunas propiedades tecnológicas que las partes o algunos componentes del huevo tienen son las de efecto antibacteriano (lisozimas de la clara), emulsionante, lubricante o surfactante (lecitina de la yema), entre otras propiedades (VI). Aparte de la industria alimentaria, la llamada alta cocina también ha sabido hacer uso del huevo para llevar a cabo sus nuevas creaciones culinarias. Lo anterior está cada vez más presente en la población por la aparición en los medios de masas (ej. programas televisivos como Top Chef) y cuyo ascenso se ve apoyado principalmente en la investigación científica en el campo alimentario, pues es ella la que permite al chef, a través de alguna idea de partida, llevar a cabo sus creaciones.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar y caracterizar nuevos productos a partir de la yema de huevo y de sus fracciones (plasma y gránulos). Los productos que se busca obtener, tanto alimentarios (gelatinas, snacks, etc...) como no alimentarios (cremas cosméticas), se elaborarán a partir de una materia prima tan económica y nutritiva como es el huevo, y se les proveerá de aplicaciones rentables y viables que los hagan interesantes tanto para la industria como para el entorno de la alta cocina.

## **2. Fundamentos teóricos**

## 2.1 El huevo

En el mundo se comercializan huevos de distintas especies como pueden ser el de gallina, oca, pato, de faisán o perdiz, codorniz, pintada o de avestruz. Todos ellos presentan unas características organolépticas, físicas y nutricionales que permiten diferenciar unos de otros (X). Cuando se hace referencia al huevo sin mencionar la especie se sobrentiende que el huevo proviene de la gallina (V).

Una gallina ponedora inicia la puesta de huevos pasadas veinte semanas de crecimiento, ovulando una vez cada veintiséis horas, lo que implica la puesta de un huevo al día. Normalmente la puesta del huevo se produce entre las 7 y las 11 de la mañana, desencadenándose de nuevo la ovulación tras 15 o 30 minutos. Algo curioso es que la gallina no necesita ser fecundada para producir huevos, lo que hace que las granjas puedan prescindir del gallo. Para la producción de huevos es muy importante que todos sus componentes se formen y se dispongan de forma adecuada, algo que se ve muy influenciado por el tipo de alimentación que recibe la gallina, de su entorno y de su estado de salud (V).

### 2.1.1 Estructura

Como se observa en la Figura 1, el huevo se compone de diferentes partes principales (la cáscara, la yema y la clara), subdividiéndose éstas en otras.

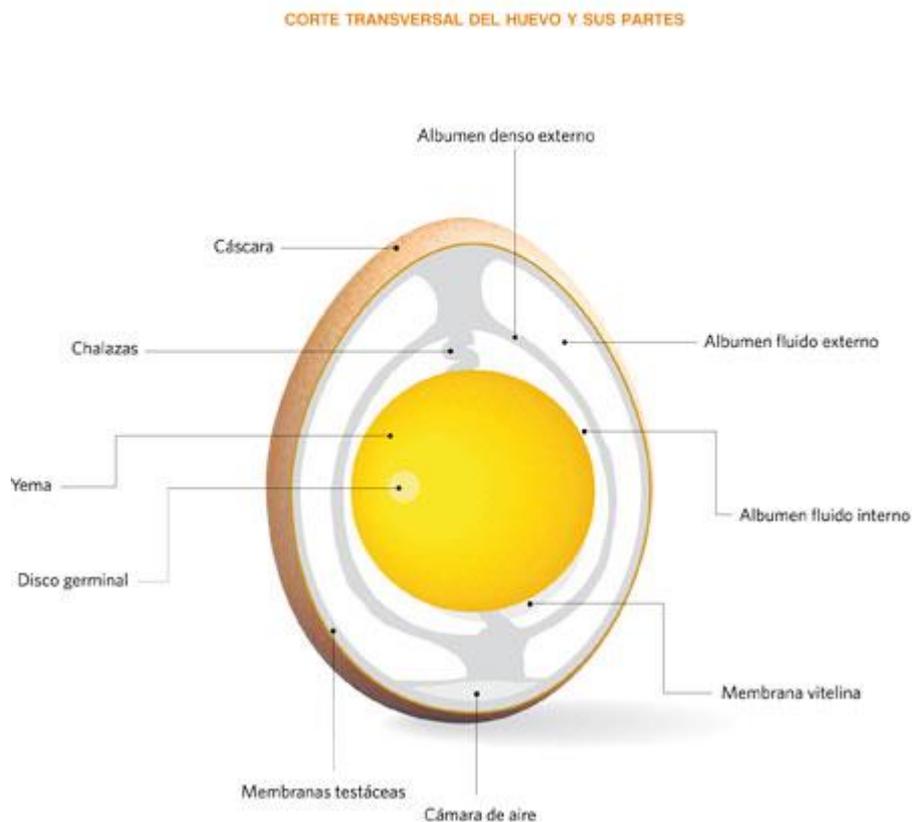


Figura 1. Estructura del huevo (V).

La cáscara se corresponde con el 10% del huevo y es la primera estructura de defensa física que los microorganismos deberán atravesar para penetrar en el huevo. La cáscara consiste en una estructura porosa compuesta principalmente por carbonato calcio y minoritariamente por otros elementos (VI, XI). El color de la cáscara viene determinado por la concentración de un grupo de pigmentos denominados porfirinas, los cuales dependen de la especie de gallina, pero no de la alimentación ni del sistema de cría. Por otro lado, la resistencia de la cáscara sí que depende de la alimentación de la gallina, además de otros factores como son la genética, el ambiente y su estado de salud (V).

Los poros que forman la estructura de la cáscara se encuentran rellenos por una estructura proteica denominada cutícula, cuya función es incrementar el efecto barrera de la cáscara y reducir la pérdida de agua del huevo. Debajo de la misma cáscara existen otros dos sistemas de defensa conocidos como las membranas testáceas externa e interna, siendo la interna la más importante para la protección contra los microorganismos. La interna consiste en una fina estructura de fibras de queratina entrelazadas y rodeadas de lisozima, mientras que la externa es mucho más porosa y solo sirve para la formación de la cáscara durante el desarrollo del huevo. Ambas membranas rodean al huevo por completo, separándose en el extremo más grueso y dejando una cavidad hueca denominada cámara de aire, la cual se forma debido a la entrada de aire tras la puesta en el huevo (V).

Otra parte importante del huevo es la clara o el albumen, la cual se subdivide en otras dos: la clara o albumen denso y el fluido, correspondiéndose ambas con el 60% del huevo. La fracción densa es la que rodea a la yema, siendo rica en vitamina B2 y proteínas. La clara completa se compone principalmente por agua (88%) y proteínas (12%), siendo la ovoalbúmina el 50% respecto del total. La diversidad y equilibrio en los aminoácidos en la clara hace que sea considerada como de alto valor proteico y que sea usada como producto de referencia para evaluar el valor en otros alimentos. La clara también contiene a las chalazas, un engrosamiento que mantiene a la yema en el centro del huevo alejada de la cáscara (V, VI). Las chalazas protegen a la yema de la entrada de microorganismos, pues estos para alcanzarla deberán atravesar la clara, la cual presenta tanto lisozima como un pH básico.

La última parte del huevo, aunque no por ello menos importante, es la yema o vitelo. Ésta parte del huevo se encuentra en el centro sujeta por las chalazas y está rodeada

de la membrana vitelina, la cual la separa de la clara. La yema contiene o engloba la mayor parte de los minerales, vitaminas y la totalidad de los lípidos del huevo, correspondiéndose con el 30% del huevo (V).

La yema puede emplearse como tal o puede fraccionarse en plasma y gránulos. El plasma es una fracción principalmente lipídica, mientras que por el contrario los gránulos se componen principalmente de proteína (ver apartado “Composición de las fracciones de la yema”). Para la separación se aprovecha la insolubilidad de los gránulos, que tras un tiempo disueltos en agua y a pH neutro pueden precipitarse. Esta insolubilidad es debida a que los gránulos están formados por acúmulos de proteína, en concreto acúmulos de lipoproteínas de alta densidad (HDL)-fosvitina, manteniéndose íntegra la estructura debido a la existencia de puentes fosfocálcicos generados por los numerosos residuos de fosfoserina presentes en las HDL y en las fosvitinas. La forma de romper esos puentes fosfocálcicos y de incrementar la solubilidad de los gránulos es de un aumento de la fuerza iónica. Una concentración de NaCl del 0.3 M es capaz de romper una gran parte de los puentes fosfocálcicos y de solubilizar el 80% de la proteína, mientras que una concentración de 1.71 M consigue una solubilización del 100%. Por el contrario, el plasma es una fracción soluble independientemente del pH y de la fuerza iónica, debido a que las proteínas se encuentran en los LDL, los cuales no sedimentan debido a su baja densidad (3,12).

### 2.1.2 Composición del huevo

En la Tabla 1 se muestra la composición completa de la parte comestible de 100g de huevo de gallina.

*Tabla 1. Composición del huevo. El aporte por ración y la CDR están referidos al de la ingesta de la parte comestible de dos huevos medianos (≈100 g) (V).*

	<b>Aporte por ración</b>	<b>CDR</b>
<b>Energía</b>	141 kcal/593 kJ	7,10%
<b>Agua</b>	79,9 g	-
<b>Proteínas</b>	12,7 g	-
<b>Aminoácidos</b>		
Alanina	755 mg	-
Arginina	755 mg	-
Ácido aspártico	1239 mg	-
Cisteína	236 mg	-
Ácido glutámico	1536 mg	-
Glicina	450 mg	-
Histidina	280 mg	-
Isoleucina	789 mg	-

Leucina	1069 mg	-
Lisina	755 mg	-
Metionina	382 mg	-
Fenilalanina	679 mg	-
Prolina	500 mg	-
Serina	976 mg	-
Treonina	602 mg	-
Triptófano	195 mg	-
Tirosina	501 mg	-
Valina	950 mg	-
<b>Carbohidratos</b>	0,68 g	0,26%
<b>Lípidos totales</b>	9,7 g	13,80%
AG saturados	2,8 g	14%
AG monoinsaturados	3,6 g	-
AG poliinsaturados	1,6 g	-
Ácido oleico	3,4 g	-
Ácido linoleico	1,34 g	13,40%
Ácido $\alpha$ -linolénico	0,04 g	2%
AG trans	0,032 mg	-
EPA	7 mg	-
DHA	60 mg	-
AG $\omega$ 3	101 mg	26,80%
Colesterol	410 mg	40,40%
<b>Vitaminas</b>		
A (retinol)	227 mg	28,40%
Carotenoides ( $\beta$ -caroteno)	10 mg	-
D	1,8 mg	36%
K	8,9 mg	15,80%
E ( $\alpha$ -tocoferol)	1,9 mg	11,90%
B1	0,11 mg	10%
B2	0,37 mg	26,40%
B3 (niacina)	3,3 mg	20,60%
B6	0,12 mg	8,60%
B9 (folato dietético)	51,2 mg	25,60%
B12	2,1 mg	84%
B7, B8 o H (biotina)	20 mg	40%
B5	1,8 mg	30%
C	0 mg	0%
<b>Minerales</b>		
Calcio	56,2 mg	7%
Fósforo	216 mg	30,90%
Magnesio	12,1 mg	3,20%
Potasio	147 mg	7,40%
Hierro	2,2 mg	15,70%
Cinc	2 mg	20%
Yodo	12,7 mg	8,50%

Selenio	10 mg	18,20%
Cobre	0,014 mg	1,40%
Flúor	0,11 mg	3,10%
Manganeso	0,071 mg	3,60%
Cromo	2,5 mg	6,30%
Sodio	144 mg	6%
<b>Otros componentes</b>		
Colina	250 mg	-
Luteína y zeaxantina	331 mg	-

Como demuestra la Tabla 1 y tal como se ha dicho anteriormente, el huevo es un alimento nutritivo capaz de aportar una gran variedad de minerales, vitaminas y ácidos grasos en una cantidad suficiente como para suplir una cantidad importante de la diaria recomendada. Por ejemplo, la ingesta de dos huevos medianos puede suplir el 84% de la cantidad diaria recomendada de vitamina B12, un 30.90% de fósforo, un 20% de zinc o también un 36% de vitamina D, entre otros. La ingesta de huevo puede ser interesante para ancianos que tengan deficiencia en vitamina D, lo cual ocurre cuando no se tiene una exposición suficiente al sol.

En materia de aminoácidos el huevo es un alimento muy interesante y completo, pues provee dieciocho aminoácidos distintos, en concreto, todos los aminoácidos esenciales y ocho de los no esenciales. Los aminoácidos no proporcionados por el huevo son la glutamina y la asparagina.

### 2.1.3 Composición de las fracciones simples

Se ha estudiado hasta el momento la composición del huevo completo, pero para el presente trabajo interesa la de la yema, pues es la parte del huevo que se va a emplear para la elaboración de los distintos productos.

*Tabla 2. Composición de la yema y la clara. Todas las cantidades están referidas a 100 g de cada una de las fracciones (VII).*

	<b>Composición 100g yema</b>	<b>Composición 100g clara</b>
<b>Energía</b>	353 kcal	49,1 kcal
<b>Proteínas</b>	16,1 g	11,1 g
<b>Carbohidratos</b>	0,3 g	0,7 g
<b>Lípidos</b>	31,9 g	0,2 g
AG saturados	9,3 g	0 g
AG monoinsaturados	12 g	0 g
AG poliinsaturados	5,3 g	0 g
Colesterol	1260 mg	0 mg
<b>Vitaminas</b>		

B1	0,29 mg	0,022 mg
B2	0,4 mg	0,32 mg
B3	4,2 mg	3,4 mg
B6	0,3 mg	0,012 mg
B9	159 µg	9,2 µg
B12	2 µg	0,1 µg
C	0 mg	0 mg
B5	3,7 mg	0,14 mg
A	886 µg	0 µg
D	5,6 µg	0 µg
E	5,5 mg	0 mg
K	2 µg	0,01 µg
B7, B8 o H	53 µg	7 µg
<b>Minerales</b>		
Calcio	140 mg	11 mg
Fósforo	590 mg	21 mg
Hierro	7,2 mg	0,2 mg
Iodo	12 µg	6,8 µg
Cinc	3,8 mg	0,02 mg
Magnesio	16 mg	12 mg
Sodio	51 mg	170 mg
Potasio	138 mg	154 mg
Selenio	19 µg	5,4 µg
<b>Otros compuestos</b>		
Colina	682,3 mg	1,1 mg
Luteína y zeaxantina	1094 µg	0 µg

En la Tabla 2 se muestra la composición para 100 g de yema y clara de huevo. Tal y como se ha dicho anteriormente, la yema de huevo contiene la mayoría de vitaminas y minerales, además de prácticamente todo el perfil lipídico. Es eso mismo lo que explica la gran diferencia en el aporte calórico proporcionado por cada fracción del huevo, ya que cada gramo de lípido incrementa en 9 kcal la energía proporcionada por el producto mientras que las proteínas y carbohidratos aportan 4 kcal/g, algo en lo que ambas fracciones apenas se diferencian.

La yema de huevo deshidratada se compone de forma general de un 65-70% de lípidos y en un 30% de proteínas (livetinas, lipoproteínas (HDL, LDL) y fosvitinas), incluyendo tal y como se ha visto un gran número de vitaminas y minerales en su composición (8). Los lípidos a su vez se componen de un 66% de triacilglicéridos, un 30% de fosfolípidos y menos de un 5% de colesterol (8, 18). Todos los nutrientes presentes en el huevo, teniendo en cuenta su naturaleza, demuestran que la yema es una parte rica en nutrientes y que su utilización en la elaboración de nuevos productos

puede ser interesante desde el punto de vista nutricional, ya que ese producto adquirirá una parte de esos nutrientes. Además de lo completa que es la yema, el huevo es una materia prima económica que puede permitir elaborar productos novedosos para la población a bajo coste.

#### 2.1.4 Composición de las fracciones de la yema

Hasta aquí se ha hablado de la composición del huevo, de la clara y de la yema, pero no de la composición de las fracciones de la yema, los gránulos y el plasma, que se han utilizado durante este proyecto.

El plasma se corresponde con el 78% de la yema deshidratada, conteniendo un 90% de los lípidos de la yema y un 50% de sus proteínas. Esta fracción se compone en un 85% de lipoproteínas de baja densidad (LDL) que podrían visualizarse como unas esferas de entre unos 17 y 60 nm, en cuyo interior se encuentran triglicéridos y ésteres colesterol rodeados por una capa externa formada por proteínas y fosfolípidos. Además, el plasma también se compone en un 15% de livetinas que son las inmunoglobulinas del huevo. Por su parte, los gránulos se corresponden con el 22% de la yema deshidratada, conteniendo el 50% de las proteínas y el 10% de los lípidos de la yema. Los gránulos son unos agregados proteicos de entre 0.3 y 2  $\mu\text{m}$ , los cuales se componen en un 70% de HDL (formados en un 80% de proteína y de un 20% de lípidos) y en un 16% de fosvitina, estando ambas unidas por puentes fosfocálcicos, y de un 12% de LDL, los cuales se encuentran atrapados dentro de los gránulos (3, 11, 12, 13).

Las fosvitinas son proteínas con una gran actividad como quelante de metales, teniendo una alta afinidad por el hierro y por otros metales divalentes como el calcio. Las fosvitinas también tienen una buena actividad antioxidante, inhibiendo eficazmente la oxidación lipídica debida al hierro y al cobre. Además, esta proteína posee actividad emulsionante, aunque este efecto se reduce a través de una defosforilación o de su unión al calcio (1). Su presencia reduce la biodisponibilidad de algunos metales, teniendo que ser desnaturalizada para conseguir su liberación.

#### 2.1.5 El huevo y la alergia

El huevo es un alimento capaz de producir alergia debido a algunas de las proteínas que contiene, lo que ha llevado a la industria a indicar en el etiquetado de los alimentos si este incluye en su composición trazas de huevo. Son diversas las proteínas del huevo consideradas alergénicas, produciendo todas la reacción alérgica por un mecanismo inmunológico de tipo I, es decir, mediado por IgE.

Para hablar sobre los alérgenos del huevo, se deben comentar la clara y de la yema por separado. La clara del huevo contiene varias proteínas consideradas alergénicas: ovoalbúmina, ovomucoide, ovotransferrina, ovomucina y lisozima, de las cuales el ovomucoide se considera la proteína más alergénica. Por su parte, la yema contiene varias proteínas consideradas alérgenos: apovitelina I, apovitelina II y fosvitina, siendo las dos primeras las más alergénicas. De las dos partes del huevo, la clara es la más alergénica y en caso de detectarse un caso de alergia al huevo habrá que extremar las precauciones, ya que pueden producirse reacciones cruzadas debido a la existencia de proteínas similares en otras especies (ej. huevos de faisán) e incluso puede darse reacción cruzada con la carne de pollo (XII, XIII).

Una forma de reducir el riesgo de alergia al huevo es no ingiriéndolo en crudo, pues su cocinado desnaturaliza a las proteínas causantes y evita que puedan inducir la alergia. Independientemente de lo anterior, el tratamiento de la alergia producida por huevo es exactamente el mismo que el producido por otros alimentos, la eliminación del alimento de la dieta y prestar una atención especial al etiquetado.

#### 2.1.6 El huevo y la enfermedad cardiovascular

Este alimento se conoce popularmente por ser uno de los más ricos en colesterol, asociándose su consumo con el aumento de los LDL, conocido coloquialmente como el colesterol malo, y con ello aumentarse el riesgo de padecer enfermedad cardiovascular. Realmente esta asociación no es correcta, debido en primer lugar a que el cuerpo humano regula la síntesis de colesterol endógena en caso de ingerirse colesterol llegando a una reducción del 100%, en segundo lugar a que se regula su absorción a nivel intestinal y en tercer lugar a que el huevo contiene algunas sustancias como fosfolípidos (que reducen la absorción de colesterol), pocos ácidos grasos saturados (incrementan los LDL), ácidos grasos monoinsaturados (incrementan HDL) y poliinsaturados (disminuyen LDL y HDL), antioxidantes y vitaminas (VIII, IX). Cabe remarcar que actualmente no se tiene una relación entre ingesta de huevos y la aparición y desarrollo de enfermedades cardiovasculares, algo comprobado por dos grandes metaanálisis realizados con 166 estudios clínicos distintos. Algo importante a recalcar es que otros compuestos como los ácidos grasos saturados o los hidrogenados (grasas trans) tienen un mayor impacto sobre los LDL que el que pueda tener el colesterol absorbido por la dieta. Los metaanálisis tienen en cuenta todo el conocimiento científico sobre un tema a la hora de establecer conclusiones, lo cual

para el huevo ha supuesto pasar de un consumo muy controlado a uno menos controlado para personas sanas (de tres huevos a la semana a uno al día) (VIII).

Aparte de los metaanálisis anteriormente citados, también se han llevado a cabo varios ensayos clínicos con un gran número de personas (uno de ellos incluía 37.851 hombres y 80.082 mujeres) para intentar saber si existe relación entre el consumo de huevo y las enfermedades cardiovasculares. Las conclusiones de los ensayos fueron que el riesgo no se veía aumentado por la ingesta de huevos, indicándose que el riesgo era el mismo ingiriendo un huevo al día o uno a la semana. Algo importante a recalcar de uno de ellos es que, tal y como dicen sus autores, el riesgo de enfermedad cardiovascular en algunos casos existía no por el consumo del huevo, sino porque la persona fumaba y tenía una dieta desequilibrada (poca fruta y verdura), entre otros factores. Lo anterior remarca una idea importante, que es que los efectos de los alimentos sobre el organismo no se deben a un solo alimento, sino que se deben al conjunto y al modo de vida de la persona (5).

#### 2.1.7 Clasificación y etiquetado

No todos los huevos que se producen se destinan al consumo, existiendo una serie de criterios que permiten clasificar a los huevos entre los que se destinarán al consumo y los que no. Los huevos se clasifican en huevos de categoría A y los de categoría B, perteneciendo a esta última todos los huevos que no cumplan los requisitos para pertenecer a la A. Para que un huevo fresco pueda pertenecer a esta categoría debe tener una cáscara y una cutícula normal, limpia e intacta, una cámara de aire no superior a los 6 mm (en el caso de los huevos extra no podrá ser superior a 4 mm), una clara transparente, sin manchas, gelatinosa y sin presencia de materia extraña, una yema solo visible al trasluz, distinguible, localizada en el centro incluso en movimiento y sin compuestos o materiales extraños, sin olores extraños y con un desarrollo microbiano imperceptible.

Todos los huevos frescos vendidos a los consumidores se clasifican de acuerdo a su tamaño en S o pequeños (peso menor a 53 g), M o medianos (peso entre 53 y 63 g), L o grandes (peso entre 63 y 73 g) y XL o súper grandes (peso superior a 73 g). Los huevos frescos de categoría A destinados al consumo no reciben ningún proceso de limpieza ni antes ni después de la clasificación, no son tratados térmicamente, nunca son almacenados a temperaturas inferiores a 5°C y solo pueden venderse hasta pasados 21 días desde la puesta. Todos los huevos que no cumplan los requisitos para ser de categoría A, pasan a la categoría B, en la cual se pueden encontrar huevos que son y no son aptos para el consumo. Los huevos aptos pueden destinarse

a la producción de ovoproductos, mientras que los no aptos son empleados con fines no alimentarios o son destruidos (V, VI).

Todos los huevos comercializados son etiquetados de tal manera que se pueda hacer un estudio de trazabilidad o lo que es lo mismo, un estudio de seguimiento para saber dónde se produjeron y quién produjo esos huevos. Gracias a este etiquetado se logra un mayor control sobre los productos distribuidos en el mercado y se hace ver al consumidor que los sistemas de control se aplican y se cumplen. Los factores controlados deben conocerse para, en caso de incidente, poder hallar el problema y darle solución (V, VI).



Figura 2. Etiquetado del huevo (V).

En la Figura 2 se muestra el significado de cada uno de los números y letras que forman el etiquetado. El primer dígito hace referencia a la forma de cría siendo “0” huevos de producción ecológica, “1” huevos de gallinas camperas, “2” huevos de gallinas criadas en suelo y “3” huevos de gallinas criadas en jaula. Los dos siguientes dígitos indican el país de la Unión Europea del que proceden los huevos y los siguientes indican el código de la provincia, del municipio e identifican la granja que los ha producido. En ocasiones puede incluirse una letra al final del código que indica a que grupo de gallinas de la granja corresponde el huevo (V, VI).

#### 2.1.8 Aplicaciones tecnológicas del huevo

Hasta el momento se han comentado aspectos sobre el contenido nutricional o sobre los efectos sobre la salud del huevo, no mencionando los distintos usos que la industria alimentaria y la cocina han dado al huevo para sus elaboraciones.

Existen distintos tipos de motivos para incluir al huevo en un producto, aunque el escogido dependerá de nuestras necesidades. Si se necesita aportar un color anaranjado apetitoso, se podría emplear la yema o el plasma debido a los pigmentos que contienen. Si lo que se requiere es clarificar una bebida o un caldo, se podría hacer uso de la clara. Si se necesita algún compuesto adherente para mantener unido a nuestro producto unas semillas, se podría hacer uso del huevo. Si se requiere espesar una salsa o una crema, se podría hacer uso del huevo. Si se quiere gelificar o coagular, se puede hacer uso del huevo. Incluso se puede emplear como aromatizante en distintos productos de repostería, ya que el huevo no solo aportará su aroma, sino que puede realzar otros tantos (XXVIII). Además de las aplicaciones anteriores hay otras tantas que no se han comentado y es posible que queden aplicaciones aún por descubrir, pero lo que queda bastante claro es que el huevo es un producto económico, nutritivo y versátil.

## **2.2 Hidrocoloides**

Los hidrocoloides son un grupo de polímeros de cadena larga y de elevado peso molecular caracterizados por formar dispersiones viscosas o geles cuando se disuelven en agua. Estos compuestos presentan un elevado número de grupos hidroxilo que les proporcionan una elevada capacidad para hidratarse y la capacidad de formar soluciones con características intermedias entre una disolución verdadera y una suspensión, solución que recibe el nombre de disolución coloidal. En una disolución verdadera el tamaño de las partículas mezcladas en el líquido es menor a 10Å, no siendo visibles al microscopio óptico y presentando una elevada estabilidad, siendo parcialmente separables por ultracentrifugación. En una disolución coloidal las partículas tienen un tamaño que va desde los 10 hasta 1000Å, formando disoluciones estables en las que las partículas solo se podrán separar por ultracentrifugación. En una suspensión el tamaño de partícula es superior a 1000Å y sedimentan con el paso del tiempo, no formando una disolución estable (XIV, XV).

Los hidrocoloides tienen un amplio abanico de aplicaciones en alimentos como espesantes, gelificantes, estabilizantes, de recubrimiento, sustitutivos de la grasa (aumentar la viscosidad del producto con goma xantana), etc. Haciendo todo ello que sean bastante empleados por la industria alimentaria, ya que su uso permite modificar

dos propiedades reológicas de la materia como son la viscosidad y la textura, cuya modificación cambia de forma notable las propiedades sensoriales de los alimentos (XV).

Los hidrocoloides pueden obtenerse a partir de distintas fuentes ya sea a partir de plantas, algas marinas, microorganismos, animales o incluso mediante la modificación química. Dentro de las obtenidas a partir de plantas nos encontramos la celulosa y sus derivados, hemicelulosas, pectinas, gomas exudadas y las gomas mucilaginosas. Dentro de las obtenidas a partir de algas marinas encontramos alginato, carragenato (comentado posteriormente) y el agar (comentado posteriormente). Dentro de las obtenidas a partir de microorganismos nos encontramos la goma xantana (comentada posteriormente), pululano y la goma gellan. Dentro de los obtenidos a partir de animales nos encontramos a la quitina, quitosano y la gelatina. Por último, dentro de los modificados químicamente nos encontramos gomas con menos limitaciones al verse mejoradas químicamente o por ejemplo también alginato sódico tratado con óxido de propileno para formar un alginato modificado estable a pH ácido (XV).

El agar es un hidrocoloide obtenido a partir de diversas algas marinas, obteniéndose el empleado a partir de un alga roja denominada *Gracilaria sp.* El agar es un polisacárido lineal compuesto por varias repeticiones de un disacárido cuyas unidades son  $\beta$ -D-galactosa unidas por enlace (1 $\rightarrow$ 3) y 3,6-anhidro- $\alpha$ -L-galactosa unida por enlace (1 $\rightarrow$ 4). Al contrario que el carragenato, el agar se encuentra ligeramente sulfatado y puede contener grupos metilo en su estructura. Cuando el agar se compone de 3,6-anhidro- $\alpha$ -L-galactosa, se forman estructuras helicoidales estabilizadas internamente por moléculas de agua que exhiben grupos hidroxilos en el exterior. La estructura helicoidal que se forma permite la agregación de más de 10.000 hélices para formar un gel.

Los geles formados por el agar pueden revertirse con la aplicación de calor y al ser menos sulfatados que el carragenato, permiten obtener geles más resistentes dependiendo su formación exclusivamente de la formación de puentes de hidrógeno, los cuales estabilizan y permiten la agregación de las hélices generadas (XV).

La goma xantana es un hidrocoloide obtenido a partir de un microorganismos conocido por *Xanthomonas campestris*. La estructura principal de este hidrocoloide se basa en una cadena celulósica de D-glucosas unidas por enlace  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4) con glucosas sustituidas de forma alterna por un trisacárido, el cual se compone de dos unidades de

manosa separadas por un ácido glucurónico. La mitad de las manosas terminales suelen estar unidas a piruvato y las no terminales van siempre unidas a un grupo acetilo.

La goma xantana suele dar lugar a soluciones altamente viscosas, llegando a formar si la cantidad de polímero es suficientemente alta un gel de baja consistencia. Se usa principalmente debido a la alta solubilidad que exhibe tanto en productos calientes como fríos (XV).

El carragenato es un polisacárido obtenido a partir varias algas rojas, entre las que podemos encontrar a *Chondrus crispus*, *Euchema cottoni*, *Euchema spinosum*, *Gigartina skottsbergi* y *Iradaea laminarioides*. El carragenato no es asimilable por el organismo humano, proveyéndolo únicamente de fibra no digerible. Este hidrocoloide se emplea para formar geles, reducir el espesor y como estabilizante alimentario.

Hay distintos tipos de carragenatos como el k-carragenato, el t-carragenato y los furcellaranos, siendo todos ellos polisacáridos lineales constituidos por repeticiones de un disacárido formado por esteres de sulfato de  $\beta$ -D-galactosa unida por enlace (1 $\rightarrow$ 3) y 3,6-anhidro- $\alpha$ -D-galactosa unida por enlace (1 $\rightarrow$ 4). Cada uno de los carragenatos difiere del resto en el número y en la posición que ocupan los grupos sulfato, conteniendo el k-carragenato un grupo sulfato por disacárido repetido, posicionado en el C4 del  $\beta$ -D-galactopiranosilo. Por otro lado, los t-carragenato tienen dos, posicionados en el C4 del  $\beta$ -D-galactopiranosilo y en el C2 de la 3,6-anhidro- $\alpha$ -D-galactosa. Los furcellaranos por su parte son similares al k-carragenato, aunque un 40% de sus residuos de  $\beta$ -D-galactopiranosilo no están sulfatados. Las distintas conformaciones que poseen les permiten adoptar una estructura helicoidal, produciéndose la agregación de las hélices en presencia de cationes con la consecuente formación de una estructura gelatinosa. Los k y los t-carragenato forman geles termorreversibles con una gran diversidad de estructuras, desde firmes y quebradizos hasta poco consistentes y elásticos (XV).

Los geles formados por el carragenato suelen ser rígidos, turbios y con tendencia a la sinéresis, liberando agua con el paso del tiempo, fenómeno que disminuye conforme se incrementa el grado de sulfatación. Hay otros tipos de carragenatos como los  $\lambda$ -carragenatos, los cuales se componen de una repetición del disacárido  $\beta$ -D-galactopiranosilo y del 2,6-di-O-sulfato- $\alpha$ -D-galactopiranosilo. Este último tipo de

carragenato carece de la capacidad de formar geles y se emplea como agente reductor del espesor en frío en distintos productos alimentarios (XV). El tipo de carragenato empleado durante los experimentos es un k-carragenato obtenido a partir de un extracto de un alga roja denominada *Euchema cottoni* (XVI).

La fécula de patata es el almidón extraído de la patata. Este almidón se compone de dos polisacáridos llamados amilosa con forma lineal y la amilopectina con una estructura en forma de árbol, en concreto, la composición es de un 24% de amilosa y un 76% de amilopectina en el caso del almidón proveniente de la patata.

Los almidones se emplean en la industria alimentaria con el objetivo de reducir el espesor, formar geles o como agentes estabilizantes. Para que se produzca la formación de un gel debe producirse una red durante el enfriado como resultado de la agregación de hélices de amilosa, algo en lo que también participa la amilopectina. De forma separada, la amilosa genera geles a una velocidad y de una consistencia mucho mayor que los producidos por amilopectina, necesitándose de un 2% de amilosa mientras que de amilopectina un 20% (XVII, 6).

La goma de garrofín es un galactomanano obtenido a partir de *Ceratonia siliqua*, una planta conocida coloquialmente como algarrobo. Los galactomananos son un tipo de hemicelulosa que se diferencia de otras por los grupos que componen su cadena polisacáridica. En el caso de los galactomananos, la estructura se forma por la unión de  $\beta$ -D-manosas unidas por enlace (1 $\rightarrow$ 4). Dentro de este grupo de hemicelulosas se pueden encontrar distintas gomas como la guar o la tara, las cuales difieren entre sí por el grado de sustitución de las D-manosas por D-galactosas. Ese grado de sustitución para la goma de garrofín es del 3.5 y esas sustituciones son las responsables de las propiedades diferenciales que tiene esta goma respecto al resto (XV).

Las propiedades tecnofuncionales de la goma de garrofín hacen que en solitario sea capaz de formar soluciones viscosas, aunque en combinación con otros hidrocoloides puede gelificar y presentar efectos sinérgicos, como es el caso del k-carragenato y la goma xantana. El uso conjunto de k-carragenato con goma de garrofín se ha visto que incrementa la elasticidad de los geles obtenidos con el carragenato, además de eliminar la sinéresis que tiene lugar, un efecto no deseado en productos que necesiten almacenarse (XXX).

### 2.3 Compuestos de uso cosmético

Uno de los productos elaborados a partir del huevo es una crema hidratante enfocada a pieles secas, debido esto a que los pacientes con piel seca presentan una alteración en la fracción lipídica del estrato corneo, una de las capas de la piel más superficiales que se encarga de su hidratación. El estrato corneo se compone de células en cuyo espacio intercelular se encuentran ceramidas, ácidos grasos y colesterol, los cuales se encargan de evitar el paso de agua a través de esta capa (14). Se considera que los compuestos anteriores (ceramidas, ácidos grasos y colesterol) tienen efectos reparadores sobre la piel, relacionándose los efectos reparadores del colesterol con su efecto en la reducción de la liberación de agua (15). En un principio se pensaba que todos los compuestos hidratantes evitaban la pérdida de agua por oclusión, aunque luego se descubrió que ese era uno de los posibles mecanismos de acción. Entre los otros se encuentran los humectantes (atraen agua al estrato corneo), emolientes (suaviza y restaura el contenido graso de la piel) y proteínas rejuvenecedoras (rejuvenecen la piel reponiendo proteínas esenciales). Los fosfolípidos y el colesterol se encuentran clasificados dentro del grupo de los emolientes, indicado su uso cuando se da piel seca, además de otros problemas como el acné (XXXIII). Desde el punto de vista cosmético, se ha hecho uso del plasma debido a que sus fosfolípidos se absorben bajo la piel, a sus propiedades emulsionantes y a su efecto hidratante (19). Teniendo en cuenta lo anterior y que el plasma contiene el 90% de los lípidos presentes en la yema (30% fosfolípidos y menos del 5% de colesterol), es probable que sea interesante para la elaboración de algún tipo de crema.

La crema cosmética base elaborada en el presente proyecto parte de la formulación de una base comercial que se compone de otro tipo de compuestos que mejoran sus propiedades físicas, refuerzan sus posibles efectos sobre la piel y que incrementan su vida útil, los cuales se citan y comentan a continuación.

El aceite de vaselina es un líquido oleoso, incoloro, transparente e insoluble en agua que se compone de una mezcla de hidrocarburos saturados y de hidrocarburos cíclicos obtenidos por destilación del petróleo. La vaselina es usada como emoliente y protector dermatológico, con la ventaja de que no se enrancia como otras grasas. Se suele incluir en la formulación de productos que vayan por vía oral, oftalmológica y tópica, empleándose por vía tópica para eliminar costras y tratar irritaciones (XLII).

La lanolina es una sustancia untuosa amarilla, insoluble en agua, con un olor característico y que queda en forma líquida tras fundirse. Este compuesto es una cera

purificada de la lana de oveja, cuya composición consiste en ésteres de ácidos grasos de colesterol, lanosterol y alcoholes grasos. La lanolina se emplea como base de pomadas y como agente emulsionante, empleándose también por dar untuosidad a las cremas. Por si misma no es capaz de absorberse por la piel, pero mezclada con aceite de vaselina o aceites vegetales se obtienen cremas capaces de penetrar la piel y de facilitar la absorción de otros compuestos. Además, la lanolina puede absorber hasta un 75% de su peso en agua si se mezcla con aceite de vaselina, generando emulsiones estables (XLV).

El alcohol cetílico son copos o un polvo blanco, insolubles en agua y miscible con aceites tras ser fundido. Este compuesto se compone de una mezcla de alcoholes alifáticos sólidos, de los cuales el compuesto mayoritario es el alcohol cetílico, obtenido por hidrogenación catalítica de los triglicéridos del aceite de coco o de grasas animales. El alcohol cetílico se caracteriza por tener la capacidad de fijar agua, absorbiendo de un 40 a un 50% de su peso en agua si se mezcla con aceite de vaselina, cantidad que se incrementa en un 10% si se adiciona a la mezcla lanolina. Este compuesto aparte de fijar agua, incrementa la estabilidad de emulsiones e incrementa la viscosidad en las cremas. Aparte de sus ventajas tecnofuncionales, el alcohol cetílico tiene acción emoliente, impidiendo la desecación de la epidermis al retardar la evaporación del agua superficial (XLIV).

El aceite de germen de trigo es un líquido amarillo claro y que es insoluble en agua, obtenido por extracción con disolventes de los embriones de *Triticum aestivum*. Este aceite contiene provitamina A, ácidos grasos esenciales, fosfolípidos, esteroides y vitamina E. En cosmética suele emplearse por sus propiedades emolientes y regeneradoras sobre la piel, intensificándose su efecto hidratante si se combina con ácidos grasos insaturados. Además, el aceite de germen de trigo posee propiedades antioxidantes debido a su contenido en vitamina E (XLVI).

El ácido esteárico es un polvo o unas esferas blancas insolubles en agua, compuestas por una mezcla de ácido palmítico y esteárico en una proporción variable. Este compuesto tiene propiedades emolientes y protectoras que impiden la desecación del estrato córneo. En cosmética se emplea como emulgente para la elaboración de cremas, aportando también un aspecto perlado (XLIII).

El 1,2-Propanodiol o propilenglicol es un líquido viscoso, incoloro y miscible en agua con propiedades humectantes, bactericidas y fungicidas, teniendo a altas

concentraciones un efecto conservante equivalente al etanol. Además es un buen estabilizante de emulsiones, aporta algo de viscosidad y hace de vehículo para compuestos insolubles en agua como fenoles, esteroides y vitamina A, entre otros (XLVII).

La carboximetilcelulosa es un polvo granuloso, blanco y soluble en agua, usado en cosmética como emulsionante y gelificante. Sus geles tienen buena consistencia, son poco transparentes y de una gran adhesividad (XLVIII).

#### **2.4 Recubrimientos comestibles**

Se entiende por un recubrimiento comestible cualquier tipo de material empleado para recubrir alimentos con el objetivo de prolongar su vida útil, pudiendo ser ingerido éste con el alimento. Su desarrollo se ha visto incrementado por la búsqueda de alimentos de mejor calidad y por una mayor preocupación por el medioambiente por parte de los productores y los consumidores.

Los recubrimientos comestibles protegen el alimento del deterioro físico, químico y biológico. Entre sus funciones encontramos la de formar una barrera semipermeable al vapor de agua y a los compuestos volátiles, mejorar las propiedades mecánicas, mantener la integridad estructural del producto al que envuelven, evitar la contaminación microbiana, reducir o eliminar los efectos de la luz y reducir la migración de grasas y aceites. Estos recubrimientos también pueden servir de vehículo para aditivos alimentarios o compuestos funcionales, además de ser comestibles y biodegradables (23).

De forma general, los recubrimientos comestibles se basan en una base polimérica con distintos compuestos o sustancias que mejoran las propiedades base del producto. La base polimérica suele componerse de hidrocoloides (polisacáridos y proteínas), lípidos o mezclas de ambos, siendo los recubrimientos de este trabajo del tercer tipo (23).

De los hidrocoloides, los polisacáridos producen láminas con buenas propiedades mecánicas, generando barreras eficaces contra los compuestos de baja polaridad, aunque no son una buena barrera para evitar la pérdida de agua. Respecto a los gases, la selectividad que presentan al oxígeno y al dióxido de carbono permite la creación de una atmósfera modificada que incrementa la vida útil del alimento. Las proteínas, los otros miembros de este grupo, forman barreras excelentes contra el

oxígeno, el dióxido de carbono y algunos aromas, no teniendo unas buenas propiedades mecánicas. En nuestro caso, las proteínas del huevo presentan un alto valor biológico, una característica adicional que hace interesante su empleo (23).

Los lípidos, por su parte, debido a su hidrofobicidad generan buenas barreras contra la humedad, aunque las láminas que forman en solitario suelen tener malas propiedades mecánicas. Los lípidos evitan al formar parte del recubrimiento, aparte de la pérdida de peso, la abrasión durante el transporte y aportan brillo al producto (23).

Debido a las desventajas que presentan en solitario, el uso conjunto de los distintos tipos de materiales puede suplir las carencias e incluso mejorar las propiedades protectoras de los recubrimientos. En nuestros recubrimientos, el carragenato y la goma de garrofín forman o proveen una estructura con buenas propiedades mecánicas, sobre la que teóricamente los lípidos presentes en el plasma, la yema o en los gránulos (en estos en menor medida) mejorarán junto a las proteínas el efecto barrera del recubrimiento.

## **2.5 Técnicas empleadas**

### 2.5.1 Reología

Le reología se encarga del estudio de los fenómenos de deformación y de flujo de la materia cuando sobre ella se ejerce una fuerza mecánica. Por deformación se entiende el cambio de forma que experimenta un cuerpo por acción de una fuerza y por flujo una deformación continuada en el tiempo, siendo ambos fenómenos los que respectivamente caracterizan a los sólidos y a los líquidos.

Cuando una fuerza actúa sobre un material, este se deforma realizándose un trabajo que se acumula como energía. Tras la desaparición de la fuerza, puede ocurrir que el material recupere parte de la forma que tenía inicialmente (comportamiento elástico), lo cual implica la conversión de la energía acumulada en trabajo. Por otro lado, puede ocurrir que después de finalizar la fuerza el material no recupere su forma (comportamiento viscoso), lo cual implica que la energía acumulada se disipa en forma de calor.

Como se ha mencionado anteriormente, los materiales sólidos tienden a comportarse de forma elástica, recuperando siempre una parte de su forma siempre que la fuerza haya desaparecido y de que no se supere el límite de rotura. Por su parte los fluidos podrán tener una mayor o menor resistencia al flujo (viscosidad), pero cuando una

fuerza los desplaza o los deforma, éstos ya no pueden recuperar su posición o forma original.

En base al comportamiento reológico de los fluidos, éstos pueden clasificarse en newtonianos y no newtonianos. Los primeros son aquellos que cumplen la ley de Newton, teniendo una viscosidad constante para cualquier valor de la velocidad de deformación y del esfuerzo cortante. La viscosidad es la resistencia de un líquido a fluir, dependiendo en un fluido newtoniano de la propia sustancia, de la presión y de la temperatura. Los segundos no cumplen la ley de Newton y su viscosidad no permanece constante, lo cual se debe a que depende del esfuerzo cortante, de la propia sustancia, de la presión y de la temperatura. Existen varios tipos de fluidos no newtonianos (Figura 3), los cuales son independientes del tiempo, dependientes o viscoelásticos.

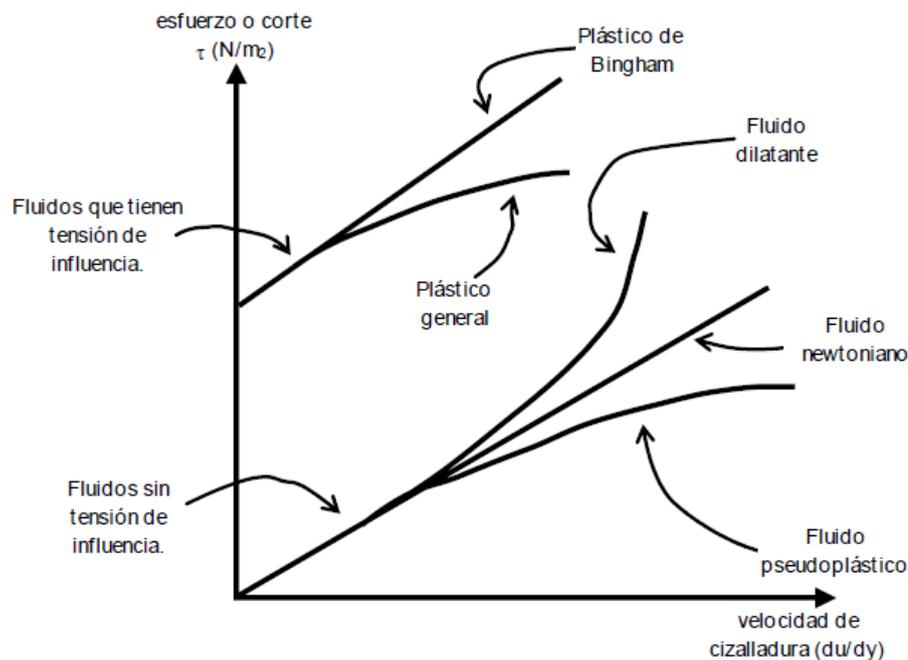


Figura 3. Tipos de fluidos no newtonianos independientes del tiempo (XVIII).

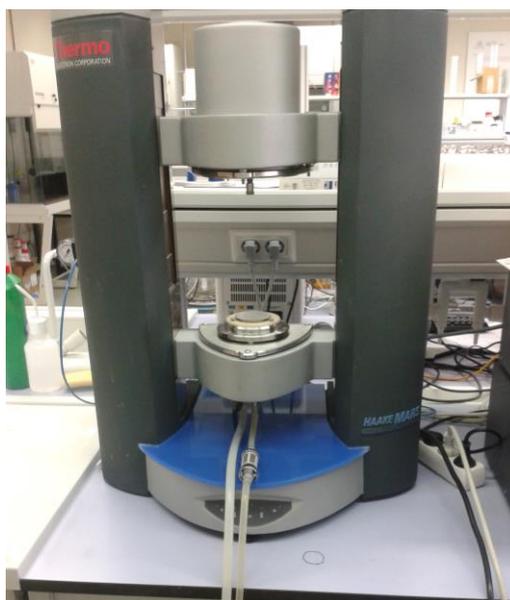
Dentro de los independientes del tiempo se pueden distinguir los plásticos, los pseudoplásticos y los dilatantes. Los plásticos son fluidos que necesitan que se les aplique un esfuerzo cortante mínimo para fluir, comportándose luego como newtonianos (plástico de Bingham), dilatantes o pseudoplásticos. Un fluido pseudoplástico es aquel en el que su viscosidad disminuye al incrementarse el esfuerzo cortante. Los dilatantes son aquellos en los que la viscosidad se incrementa al aumentar el esfuerzo cortante que se les aplica.

Otros tipos de fluidos no newtonianos son los dependientes del tiempo, entre los que se encuentran los tixotrópicos y los reopécticos. En los fluidos tixotrópicos, a más tiempo se les aplique un esfuerzo cortante, más disminuye su viscosidad. Por el contrario, en los reopécticos a más tiempo se aplique el esfuerzo cortante, más se incrementa su viscosidad.

Por último, quedan por mencionar los fluidos no newtonianos viscoelásticos. Este tipo de fluidos lo forman las sustancias con un comportamiento viscoso y elástico de forma simultánea, siendo el material capaz de recuperar una parte de su forma. Dentro de este tipo de fluidos se encuentran las gelatinas que se han elaborado durante este trabajo.

#### 2.5.1.1 El reómetro

El reómetro rotacional es el aparato diseñado para el estudio de la reología de productos complejos mediante la realización de movimientos rotacionales limitados y precisos.



*Figura 4. El reómetro rotacional.*

En la Figura 4 se muestra un reómetro rotacional que se compone de una placa superior móvil, conocida como rotor, que gira a una velocidad y de una manera que el usuario define a su conveniencia. Debajo de esa placa hay otra inmóvil, conocida como vaso de medición, donde se coloca la muestra a analizar. Cuando el rotor gira, la muestra resiste el movimiento provocando que el rotor solo se pueda mover a una

velocidad determinada. Sobre la placa superior hay un resorte de acero que se torsiona y cuya torsión es una medida directa de la viscosidad del producto (7).

Para las medidas se usan distintos tipos de placas, cuyo uso depende de las características de la muestra. Para sustancias de baja viscosidad se emplean los cilindros coaxiales, los cuales constan de un recipiente cilíndrico donde se coloca la muestra y de un cilindro superior que se introduce en él. Para muestras de una viscosidad media, fáciles de limpiar y que no tengan partículas en suspensión se emplea el cono-placa, el cual consta de un rotor terminado en pico. Para muestras con partículas en suspensión se emplean los placa-placa, el cual consta de dos superficies planas adecuadas para ensayos oscilatorios. Los sistemas placa-placa pueden encontrarse serrados para evitar el deslizamiento de la muestra (7).

Existen varios tipos de reómetros como el oscilatorio (aplica una deformación que gráficamente emula al seno, dando información sobre la frecuencia de giro en lugar de sobre la velocidad), el rotacional (usado para evaluar curvas de flujo y para obtener información sobre algunos comportamientos, como el de la tixotropía), el elongacional (usado cuando el material va a verse sometido a flujos extensionales (inyección, llenado, etc) en lugar de a flujos de cizalla, debido a que algunos materiales no se comportan igual en ambos flujos), el capilar (usado principalmente para evaluar el comportamiento de la inyección de plásticos) y el reoscopio (consiste en un reómetro acoplado a un microscopio que permite obtener fotografías e información sobre los cambios que tienen lugar en la estructura del material) (10).

Los reómetros anteriores pueden tener uno o dos modos de trabajo, siendo los posibles el CS o el CR. El modo CS o el de esfuerzo controlado consiste en que se fija el esfuerzo y se mide la velocidad de cizalla ejercida por el reómetro, mientras que en el modo CR o de velocidad controlada se fija una velocidad de cizalla y se mide el esfuerzo que es necesario para mantenerla (10).

#### 2.5.1.2 Tipos de ensayos reológicos

Existen tres tipos generales de ensayos, los estacionarios, los dinámicos u oscilatorios y los de fluencia y recuperación. El primero se caracteriza porque se aplica una velocidad de deformación constante a una muestra, mientras que en el segundo se realiza lo anterior al mismo tiempo que las placas oscilan a una frecuencia determinada. Por su parte, en el tercero se aplica a la muestra un esfuerzo constante

durante un periodo de tiempo, midiéndose tanto la deformación como su posterior recuperación (7).

Dentro de los ensayos estacionarios se encuentran pruebas de rampas de esfuerzo, rampas de temperatura y rampas de tiempo. En el primero se aplican distintas velocidades de deformación en un rango preestablecido y se mide el esfuerzo producido, aunque también pueden aplicarse distintos esfuerzos y medir la velocidad de deformación. La relación entre el esfuerzo y la velocidad de deformación determina el modo de fluir de la muestra. En las pruebas de rampa de temperatura lo que se realiza es una modificación de la temperatura de forma continua mientras el resto de parámetros permanecen constantes. En las pruebas de rampa de tiempo lo que se hace es mantener constantes los distintos parámetros de medida durante unos periodos de tiempo determinados. Esto permite estudiar cómo se comporta la muestra en función del tiempo, lo cual puede conducir a la identificación de un fluido tixotrópico o reopéctico (7).

Los ensayos oscilatorios se suelen emplear para el estudio de muestras viscoelásticas, pues proveen de información sobre su viscosidad y de su elasticidad en base de la frecuencia de rotación aplicada. En una muestra completamente elástica, el esfuerzo es una oscilación que tiene la misma frecuencia y fase que la oscilación de deformación. En una muestra completamente viscosa, el esfuerzo tiene la misma frecuencia que la oscilación de deformación, aunque se encuentra desfasada  $90^\circ$ . Una sustancia viscoelástica, tanto viscosa como elástica, tiene la misma frecuencia aunque se encuentre desfasada entre  $0$  y  $90^\circ$ . Para obtener un resultado repetible debe trabajarse en la región lineal viscoelástica, en donde el módulo complejo que depende de la elasticidad ( $G'$ ) y de la viscosidad ( $G''$ ) es constante. El módulo complejo representa la resistencias de la muestra a la deformación, siendo  $G'$  o módulo elástico el esfuerzo de deformación almacenado, el cual se recupera tras cesar la fuerza, y  $G''$  o módulo viscoso la parte del esfuerzo de deformación que se pierde en forma de calor (7).

Existen varios tipos de ensayos oscilatorios como el barrido de esfuerzo, barrido de frecuencias, barrido de tiempo y de temperatura. El barrido de esfuerzos es una prueba en la que se aplica un esfuerzo creciente dentro de un rango preestablecido y en la que se observa como cambian las características de la muestra. Esta prueba permite identificar el rango lineal viscoelástico, zona en la que las deformaciones son mínimas. Otra prueba es el barrido de frecuencias en la que se aplica un esfuerzo

constante que debe pertenecer a la región viscoelástica, aplicándose durante el ensayo una frecuencia creciente dentro de un rango preestablecido. Esta prueba da información de las características estructurales de la muestra estudiada. En la prueba de barrido de tiempo se estudia cómo se comporta la muestra a una temperatura dada según pasa el tiempo. La última prueba, la de barrido de temperatura, consiste en que se modifica la temperatura a lo largo del tiempo, siendo una prueba muy importante para el estudio del proceso de gelificación de la muestra (7).

El ensayo de fluencia y recuperación consiste, como se ha mencionado anteriormente, en aplicar un esfuerzo constante a una muestra con el objetivo de deformarla, dejar de aplicar el esfuerzo y estudiar el grado de recuperación. Un material viscoelástico es capaz de recuperar una parte de su forma original, aunque la parte recuperada será menor, a mayor sea su viscosidad (7).

#### 2.5.2 Evaluación de la textura

La textura es una propiedad sensorial de los alimentos que es percibida por los sentidos del tacto, la vista y el oído. Esa sensación depende en gran medida de las propiedades reológicas del alimento y es una sensación difícil de describir de forma cuantitativa. Las formas para describirlas empleadas hasta el momento son la evaluación sensorial y los texturómetros.

##### 2.5.2.1 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una prueba que tiene la finalidad de caracterizar un producto, estudiar las diferencias entre varios productos o conocer la aceptabilidad del mercado respecto a un producto empleando para ello grupos de personas entrenadas o sin entrenar. Los parámetros evaluados son muy variados y dependerán del tipo de producto. Generalmente para un alimento, los parámetros básicos serán el color, el sabor, el olor y la dureza, pudiendo pedirse algo más concreto si el producto lo necesitase (aroma a ácido láctico en quesos). Aparte de los parámetros generales, se puede pedir al panel que evalúe otros atributos como la pegajosidad o el sonido, los cuales dependerán del tipo de producto.

Los paneles que se emplean pueden estar formados por personal experto en la materia o por cualquier tipo de persona, dependiendo el perfil del tipo de prueba. Si la prueba es discriminante o descriptiva será necesario que el perfil lo conformen personas altamente entrenadas. Si por el contrario es una prueba afectiva o hedónica, el perfil lo puede conformar cualquier tipo de persona. La información proporcionada por cada tipo de prueba es totalmente diferente, por ejemplo, en las hedónicas la

información obtenida indicará el grado de aceptación y la preferencia del producto o de varios productos por el consumidor. Por su parte, las pruebas discriminantes tienen la finalidad de ver si los miembros del panel son capaces de distinguir tres productos obtenidos a partir del mismo por pequeñas modificaciones, lo cual permite evaluar el impacto de los cambios de la materia prima o del proceso de producción. Finalmente, en las descriptivas se busca que un panel altamente entrenado caracterice el producto de forma cualitativa y cuantitativa (XXXV).

Este tipo de pruebas, por el empleo de personas, tienen una carga subjetiva de carácter variable. En un panel formado por personal inexperto o poco entrenado la carga subjetiva será superior que si estuviese formado por un personal altamente entrenado. Esa subjetividad ocasiona que el panel deba estar formado por un alto número de sujetos (a partir de 50) para que las conclusiones obtenidas puedan ser representativas de la población (prueba hedónica) o por sujetos altamente entrenados (unos 5 o 10) para que la información recabada sea más cercana a la realidad (descriptiva o discriminante). El empleo de un panel entrenado requiere la preselección de los miembros y su caracterización (sensibilidad a distintos sabores y olores, etc) y requiere también de un entrenamiento. La formación de los panelistas tiene la finalidad de familiarizar a los catadores con la metodología, incrementar las habilidades en la detección y cuantificación de los distintos parámetros, mejorar la sensibilidad y la memoria sensorial de cada panelista, lo que permitirá obtener un panel preciso, de medidas reproducibles y con una buena capacidad de diferenciación (XXXIX).

#### 2.5.2.2 Texturometría

El texturómetro es un equipo que intenta sustituir la evaluación sensorial mediante paneles como herramienta para evaluar la textura, aunque ambas pruebas son complementarias. Para analizar la textura es necesario conocer todos los parámetros o factores que intervienen, algo que ya definió Szczesniak en 2002 (7). Los parámetros definidos se dividen en propiedades primarias y secundarias. Las primarias son la dureza, la cohesividad, la viscosidad, la elasticidad y la adhesividad. Las secundarias son fracturabilidad, masticabilidad y gomosidad (7).



*Figura 5. El texturómetro.*

El analizador de texturas o texturómetro (Figura 5) va a someter a la muestra a analizar a un esfuerzo entre dos placas, de las cuales una se mantiene fija. Durante el análisis, el equipo mide el tiempo, la fuerza y la distancia, a partir de los cuales se pueden evaluar las propiedades texturales primarias y secundarias del alimento en cuestión. La placa móvil del analizador tendrá una forma determinada dependiendo del tipo de alimento y de la prueba a realizar. Existen distintos tipos de ensayos dependiendo del tipo de alimento a analizar y del parámetro o característica que se quiera determinar (7). Durante este trabajo se realizarán distintos ensayos como el de penetración y el de compresión. Ambos permiten conocer la resistencia a la deformación, la adhesividad y la consistencia de algunos productos como las gelatinas. En el ensayo de penetración la sonda utilizada tiene una forma cilíndrica de 0.5 mm, la cual dará información sobre la fuerza Bloom, es decir, sobre la fuerza necesaria para hundir la superficie 4 mm, a cuanto más fuerza sea necesaria, más consistente será la gelatina. Por otro lado, en el ensayo de compresión la fuerza ejercerá un cilindro de 50 mm que presionará el material completo, pudiendo obtener de este ensayo información sobre la dureza (fuerza necesaria para alcanzar una deformación determinada) y la fracturabilidad.

Por otro lado, para la caracterización de las cremas se hará un ensayo de untabilidad. Durante el ensayo aparte de obtener información sobre este parámetro, se obtendrá información sobre la dureza, pegajosidad (fuerza necesaria para superar las fuerzas atractivas del producto), el trabajo de cizalla (trabajo para untar el producto) y el trabajo de adhesividad (fuerza implicada para retirar la sonda) (24).

#### 2.5.4 Microscopio electrónico de barrido

El microscopio electrónico de barrido o scanning electron microscope (SEM) consiste en un aparato que permite la visualización de la estructura de un material opaco mediante un haz de electrones en lugar de un haz de luz, cambio que permite obtener una mejor resolución respecto al resto de sistemas ópticos (XX).

Para la observación, la muestra se recubrirá con una capa muy fina de oro, la cual le proporcionará las propiedades conductoras necesarias para la visualización. Durante la observación, se barre la muestra con haz de electrones, generándose en la superficie electrones retrodispersados, electrones secundarios, rayos X y otras partículas menos relevantes. Todo lo generado en la superficie será detectado gracias a un complejo de detectores que el SEM contiene en su interior: detector de electrones secundarios, detector de electrones retrodispersados y detector de energía dispersiva (para rayos X). El primero de los tres detectores permite obtener imágenes de alta resolución, el segundo con una menor resolución pero con más contraste para visualizar la estructura de la superficie y el tercero que permite llevar a cabo un análisis de la composición (XX). En caso de no necesitar realizar un análisis de la composición, se puede incrementar el grosor de la capa de oro, ya que con ello las imágenes tendrán una mayor resolución.

La tecnología SEM es aplicable a un gran número de áreas como la geología, evaluación de biomateriales, análisis de materiales metálicos, análisis y caracterización de alimentos, etc (XX).

#### 2.5.5 Colorimetría

La colorimetría es la ciencia encargada de la medición cuantitativa de los colores, propiedad que caracteriza a algunos productos y que es determinante en la industria alimentaria para el éxito o el fracaso de un producto. Para la medición del color se emplean dos métodos complementarios: los paneles de cata y los colorímetros, cada uno con sus ventajas y desventajas. Los paneles de cata pueden formarse por distinto tipo de personas, más o menos formadas en estos temas, con el objetivo de diferenciar productos entre sí, caracterizar un producto o simplemente para evaluar el grado de aceptación que puede tener el producto en un número determinado de personas. El inconveniente más notable de este método de caracterización es que es muy subjetivo, dependiendo en el color tanto del sujeto como del entorno (iluminación, ángulo de visión, etc) (XXXIV). Por su parte, los colorímetros son aparatos diseñados con el objetivo principal de realizar mediciones de color, realizando sus medidas

acorde a los métodos que a lo largo de los años ha ido ideando y perfeccionando la Comisión Internacional de l'Éclairage (CIE). De todos los métodos que esta comisión ha ideado, el más fiable para la determinación del color de un objeto iluminado por la luz es el CIE-lab, desarrollado en 1976 (20).

El método CIE-lab permite cuantificar y describir los colores que el ojo humano es capaz de percibir respecto al color de los objetos, existiendo el método CIE-luv para la medición de los colores de una fuente de luz.

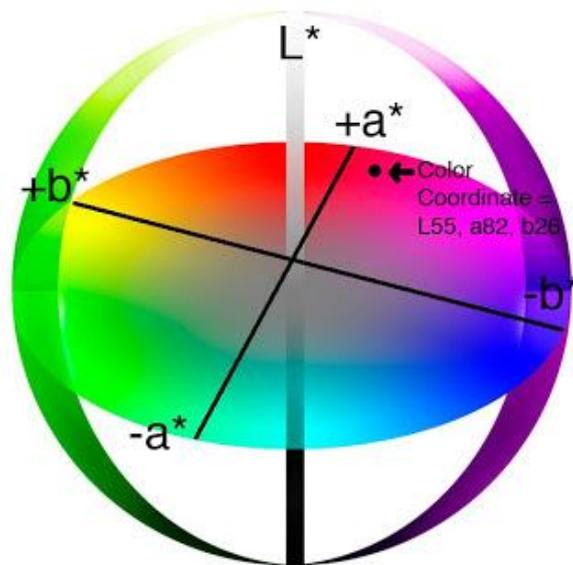


Figura 6. Espacio de color CIE-lab.

El método CIE-lab se basa en la fórmula de Adams-Nickerson, fundamentada en la teoría de los procesos oponentes. Esta teoría consiste en que hay una serie de colores que son puros y que no pueden coincidir en un punto al mismo tiempo. Cuando coinciden, se ven matices del color que predomina, viéndose el gris en el caso de que ambos predominen por igual, algo debido a que un color contrarresta al otro. Estos colores puros son el blanco que se empareja con el negro, el azul con el amarillo y el rojo con el verde. Mediante una transformación de los valores triestímulo XYZ propuestos por CIE en 1931, se obtiene el espacio de color Lab. En este espacio (Figura 6),  $L^*$  representa la luminosidad, correspondiéndose con blanco cuando su valor es 100 y con negro cuando es 0. La  $a^*$  se corresponde con la posición entre el verde y el rojo, siendo un valor positivo el rojo y uno negativo el verde. Por último,  $b^*$  representa la posición entre el amarillo y el azul, siendo amarillo cuando es positivo y azul cuando es negativo (21, XXXVI, XXXVII).

### **3. Materiales y métodos**

### **3.1 Obtención de la yema y de sus fracciones**

Para la obtención de la materia prima necesaria para este proyecto se ha seguido el protocolo elaborado por el grupo de Tecnología de Bioprocesos y Reactores (TBR) de la Universidad de Oviedo (2).

Lo primero a realizar es la separación manual de la yema de la clara del huevo y el retirado de la membrana vitelina que la recubre. Diluir la yema separada en agua destilada (1:1.5 v/v) y ajustar el pH a 7 haciendo uso de una solución de NaOH (1M), manteniéndose la mezcla durante toda la noche a 4°C. Para conseguir la separación del plasma y los gránulos, se realiza una centrifugación mediante una centrifuga modelo 6500 Kubota a 10000 x g y a 4°C durante 45 minutos, decantando lo resultante. El poso obtenido se corresponde con los gránulos y el sobrenadante con el plasma.

### **3.2 Liofilización**

Previamente a la liofilización, colocar las muestras en bandejas o en recipientes diseñados para su uso en el liofilizador. Las muestras se congelan al menos durante 4 horas en un congelador a -80°C, tiempo tras el que se realiza la liofilización en un liofilizador TELSTAR modelo Cryodos (-70°C/ 0.1 mBa) lográndose un secado del 97% (2).

### **3.3 Formulación de la gelatina base**

Como punto de partida se emularon las proporciones empleadas por Pang et al. (4), remplazando el 5% de gelatina y el 4.5% de proteínas de leche por un 10% p/p de yema de huevo o de sus fracciones.

Tras todos los resultados y un número finito de modificaciones, el procedimiento para el desarrollo de la gelatina quedó en una mezcla compuesta por un 4.5% p/p de yema de huevo o de una de sus fracciones y un 1% p/p de carragenato diluido en agua destilada. La mezcla se homogeniza a 17000 rpm mediante el Silent Crusher M. de Heidolph, tratándose posteriormente en una estufa de marca Memmert durante 20 minutos a 105°C (para un tamaño de 20 gramos), con una agitación manual a los 10 minutos de una duración de 5 segundos, permaneciendo el envase tapado durante su permanencia en la estufa. Tras la estufa, se enfrían en nevera a 4°C durante 20 minutos con el envase destapado (para un tamaño de 20 gramos). Para un volumen equivalente a 60g la composición es la misma, aunque debido al escalado los tiempos no, siendo necesario un tratamiento térmico en estufa de una duración de 30 minutos, realizándose una agitación manual de unos 5 segundos de duración a los 10, 20 y 30

minutos de tratamiento. Tras finalizar el periodo en estufa, enfriar las gelatinas en nevera durante 25 minutos.

### 3.3.1 Reometría

Para la realización de estas pruebas se hizo uso de varios protocolos diferentes, los cuales han permitido poner un valor numérico a lo observado experimentalmente. El reómetro empleado es el modelo Haake Mars II comercializado por Thermo scientific acoplado a un sistema Peltier de control de temperatura. El aparato se equipó con un sensor plano de titanio (pp60).

Para las pruebas se emplearon varios programas diferentes: barrido de esfuerzo y barridos de temperatura a dos velocidades diferentes. Se emplearon diferentes ensayos oscilatorios (un barrido de esfuerzo y dos barridos de temperatura a dos velocidades de calentamiento diferentes), todos ellos realizados a una frecuencia de 1 Hz y empleando un aceite de silicona inerte (silicona oil AR 20 de Sigma), así como una campana de vidrio para evitar que la muestra se secase durante la duración del ensayo. El barrido de temperatura rápido se realizó con un calentamiento rápido hasta 100°C (16.2°C/min), continuando con un enfriamiento hasta 4°C (9.6°C/min) y luego un calentamiento hasta los 20°C (3.2°C/min?). El barrido de esfuerzo se realizó desde 0,01 Pa hasta 500 Pa inmediatamente después del barrido de temperatura rápido, una vez que la muestra había sido gelatinizada en el reómetro. En el barrido de temperatura lento se realiza un calentamiento hasta 90°C (3°C/min), manteniéndose a 90°C durante 30 segundos, enfriándose hasta los 4°C (3.06°C/min) y finalmente se calienta hasta los 20°C (3.2°C/min). Los barridos de temperatura fueron realizados a una deformación constante del 0,1%. El ensayo de temperatura lento se emplea para realizar evaluar la gelificación en el tiempo, mientras que el de temperatura rápido emula el tratamiento realizado en la estufa.

Todas las muestras se hicieron por duplicado o por triplicado en caso de obtener dos resultados significativamente diferentes, realizándose una medición cada 10 segundos, a una frecuencia de 1 Hz y adicionándose alrededor un aceite de silicona inerte (silicona oil AR 20 de Sigma) para evitar que la muestra se secase en el reómetro.

### 3.3.2 Texturometría

Para la evaluación de las propiedades texturales de la gelatina se hizo uso de un ensayo de penetración y de otro de compresión haciendo uso del TA.TXplus Texture Analyser de Stable Micro Systems.

Para el ensayo de penetración se hizo uso de una sonda cilíndrica (SMS P/0.5) para la caracterización de gelatinas de un tamaño de 60g gelificadas en el interior de una jarra bloom, colocando la sonda antes del ensayo a una altura de 40 cm. Se utilizó el protocolo "Determination of Bloom strength of gelatine according to the GMIA", en el cual la fuerza Bloom se corresponde con la fuerza necesaria para presionar la superficie una distancia de 4 mm (XXIX). Durante este ensayo se calculó el punto más elevado del pico máximo, el cual proporciona el valor de la fuerza Bloom y con ello una idea de la consistencia de la gelatina.

Para el ensayo de compresión se hizo uso de una sonda cilíndrica (SMS P/50) para la caracterización de gelatinas de 16 mm de alto y 33 mm de ancho. Para esta prueba es necesario desmoldar las gelatinas, intentando evitar el desarrollo de fracturas. Para la caracterización se emplearon dos pruebas consecutivas, primero una compresión del 20% y de forma consecutiva una del 50%, la cual permite estudiar el comportamiento de la gelatina ante una deformación que no produzca rotura (20%) y otra que si la ocasiona, empleando en ambas un protocolo de compresión estándar AACC (74-09) para la medición de firmeza. Durante este ensayo se calculó el punto más elevado del pico máximo, el cual con una compresión del 20% nos da la dureza (fuerza a máxima compresión) mientras que con un 50% de compresión nos da la fracturabilidad, estando la altura inicial de la sonda a 30 cm en ambos ensayos. De forma adicional se calculó el área bajo la curva hasta llegar al pico máximo, tal y como se muestra en la Figura 7. Ese valor informa del trabajo necesario a realizar para llevar a cabo la deformación.

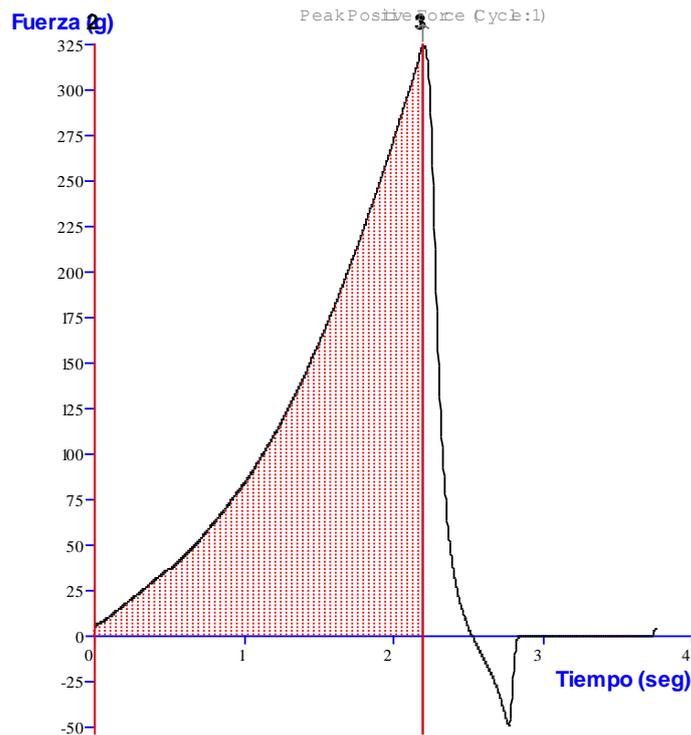


Figura 7. Ilustración del área bajo la curva tenida en cuenta para el cálculo.

Todos los resultados se obtuvieron realizando el promedio entre los triplicados, acompañándolos de su desviación estándar.

### 3.3.3 SEM

Para la visualización de las muestras en SEM es necesario elaborar las gelatinas con antelación y cortarlas en pequeños dados, llevando a cabo posteriormente una fijación con glutaraldehído, una deshidratación de la muestra, un secado y un recubrimiento de oro.

Para la fijación con glutaraldehído es necesario preparar un tampón fosfato 0.025M compuesto por  $K_2HPO_4$  y  $KH_2PO_4$ , adicionando 44 mL del primero por cada 57 mL del segundo. Preparada la disolución anterior, preparar otra que contenga un 3% de glutaraldehído y mantener sumergida la muestra en ella durante toda la noche.

Realizada la fijación, llevar a cabo la deshidratación con etanol y la sustitución de éste por acetona. Para ello emplear disoluciones de agua y etanol que contengan un 20, 40, 60, 80 y 100% de etanol, sumergiendo las muestras primero en la de 20% durante 15 minutos y así sucesivamente hasta la del 100%, en la cual se introduce dos veces durante 15 minutos. Realizada la eliminación del agua queda la sustitución del etanol por acetona, para lo cual hay que sumergir las muestras durante 10 minutos en disoluciones de etanol y acetona del 30, 50, 70, 90 y 100% de acetona. Al igual que

con el etanol, las inmersiones se realizan de la menos concentrada a la que más acetona contiene de forma secuencial.

Tras la deshidratación de la muestra realizar un secado por CO<sub>2</sub> supercrítico haciendo uso de BALTEC CPD 030 Critical Point Dryer. Terminado el secado, colocar las muestras sobre las setas y recubrirlas mediante oro (Sputtering Balzers SCD 004), tras lo cual pueden observarse en el SEM (MEB JEOL-6610LV con microanálisis).

Para la visualización por SEM de los recipientes comestibles, el proceso es más sencillo y rápido, debido principalmente a que este tipo de producto ya está completamente secado. Ello implica que lo único que debe hacerse es colocar la muestra sobre las setas y recubrirlas con oro para poder visualizarlas al SEM.

#### 3.3.4 Colorimetría

Para la toma de las distintas medidas colorimétricas se ha empleado el espectrofómeto UltraScan Vis de HunterLab. Previamente a la realización de las medidas, se calibra el equipo haciendo uso de una teja blanca y de una trampa de luz, comprobando su correcta calibración mediante una teja verde. Para la medición se emplea una cubeta de cuarzo de 10 milímetros de paso óptico (USVIS1034), usando para el análisis el método de reflexión especular excluida y determinándose el color en el espacio CIE-LAB.

Durante estas pruebas se realizaron mediciones de color a gelatinas de gránulos, yema y plasma con un 4.5% de huevo y un 1% de carragenato en agua. Además, también se realizaron mediciones del color de los snacks de gránulos, yema y plasma, empleando para las mediciones una placa Petri pequeña de vidrio, y de las cremas de plasma elaboradas, la control 1 y la control 2. Para las gelatinas y los snacks se realizaron duplicados, midiéndose 6 veces cada duplicado de las gelatinas y de los snacks. Para la presentación de los resultados se obtuvieron los valores promediados para cada parámetro, acompañándose de su desviación estándar.

#### 3.3.5 Recuento de mesófilos totales

Para un análisis microbiológico de las gelatinas y snacks desarrollados se ha llevado a cabo un recuento microbiano de acuerdo a la norma ISO 4833/2003. Para ello se prepararon diluciones seriadas (10<sup>-1</sup> y 10<sup>-2</sup>), realizándose un sembrado de las distintas diluciones por duplicado sobre plate count agar de Panreac. Para la preparación del medio de cultivo se siguieron las indicaciones del fabricante, esterilizándose tanto el

medio como las diluciones en autoclave a 121°C durante 15 minutos y manteniéndose el medio en un baño a 45-47°C hasta su empleo.

Las muestras de gelatina se elaboraron el mismo día y se mantuvieron almacenadas en nevera hasta el momento de su empleo, mientras que los snacks se prepararon varios días antes, envasándose al vacío. Para la siembra se cogió 1 gramo de cada una de las gelatinas y de los snacks desarrollados (yema, plasma, gránulos y sin huevo), homogeneizándose con 9 mililitros de agua en el Stomacher 80 Seward Laborsystem. Tras su homogenización se sembraron las diluciones realizadas, mezclándose cuidadosamente con el medio de cultivo. Las placas se mantuvieron a 30°C durante 94 horas, tiempo tras el cual se realizó el conteo.

### 3.3.6 Evaluación sensorial

Se realizaron evaluaciones sensoriales con el objetivo de obtener información complementaria a la obtenida por el texturómetro o de sustituirlo (caso de los snacks), y obtener información sobre los distintos productos elaborados en lo referente en aceptabilidad general. Para obtener dicha información se realizaron pruebas hedónicas y de discriminación, pruebas que no requieren para el propósito marcado un panel muy entrenado. Las cuestiones contenidas en el cuestionario (Anexo 1) evalúan los snacks y las gelatinas por separado, realizándose dichas evaluaciones en días separados. Ambas pruebas contienen cuestiones propias de una prueba hedónica y de una prueba discriminatoria, empleándose en el caso de los snacks un producto de referencia para la evaluación del sonido (Pringles).

El panel de cata que evaluó las gelatinas se componía de 11 personas no entrenadas y el que evaluó los snacks de 9 personas no entrenadas, sanos, sin medicar y en un rango de edad de entre 22 y 40 años. El panel fue debidamente instruido sobre cómo realizar la prueba adecuadamente y de cómo evaluar cada uno de los atributos y de las características que se les requería evaluar. El número de personas es significativamente menor que el recomendado para pruebas de estas características, pero sirve como una prueba preliminar para la caracterización del producto.

### **3.4 Elaboración de envases comestibles y snacks**

La formulación empleada para el desarrollo de un envase comestible y/o un snack consta de un 4.5% p/p de yema de huevo o de una de sus fracciones, un 2.5% p/p de carragenato y un 1.5% p/p de goma de garrofín diluido todo en agua destilada. Tras homogeneizar la mezcla, se trata en estufa durante 20 minutos (para un tamaño de 20 gramos), con una agitación manual a los 10 minutos de una duración de 5 segundos,

permaneciendo el envase tapado durante su permanencia en la estufa. Tras el tratamiento térmico, se introduce en el interior del vaso de precipitados que contiene la mezcla otro, con el objetivo de generar el hueco en la estructura. Tras su colocación, enfriar la mezcla entre 5 y 10 minutos por inmersión en agua. Una vez enfriado, se trata térmicamente en estufa a 100°C entre 6 y 7 horas (etapa de secado). Para un tamaño de 60g la composición es la misma, aunque debido al escalado, los tiempos no son los mismos, siendo necesario un tratamiento térmico en estufa de una duración de 40 minutos previo al secado, siendo este el único cambio a tener en cuenta..

Para la elaboración de snacks el proceso es el mismo, aunque tras tratar térmicamente a la mezcla, ésta se deja gelificar durante 8 minutos dentro del vaso de precipitados, se desmolda y se hace rodajas de unos 2 mm de grosor (Figura 8). Tras cortarla, se introduce en estufa durante unas 7 horas (etapa de secado). Es importante, cuando se produzcan en gran número, tener un sistema que extraiga el vapor.



*Figura 8. Ilustración del proceso de elaboración de snacks tras el enfriado y previo al secado.*

Los recipientes comestibles se evaluaron bajo la forma de snacks, pues la composición es la misma para ambos productos. Se evaluó el color por colorimetría y se caracterizó el producto mediante la realización de una evaluación sensorial (ver apartados anteriores), debido principalmente a que de forma manual es difícil conseguir un producto reproducible para realizar medidas mediante el texturómetro.

#### 3.4.1 Contenido en humedad

Para la determinación del contenido en humedad, pesar en una cápsula de fondo plano de entre 20 y 25 mm de altura y entre 50 y 75 mm de diámetro compuesta de acero inoxidable unos 20 gramos de arena (sea sand washed, thick grain QP de

Panreac), incluyendo una varilla cuando la muestra lo requiera y realizando la medida sobre una balanza de precisión. Una vez pesado el conjunto, proceder a realizar un secado a 165°C durante al menos 1 hora. Tras secar, introducir en un secadero entre 30 y 60 minutos para que enfríe sin absorber la humedad del ambiente. Anotar el peso de la cápsula sin muestra e introducir en su interior al menos 3 gramos de muestra, mezclar adecuadamente con la arena, introducir en una estufa a 105°C durante 5 horas, enfriar en el desecador y pesar de nuevo el peso.

Para la determinación de la humedad se hará uso de la fórmula de la Figura 9.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(b - c) \cdot 100}{a}$$

*Figura. 9. Determinación de la humedad. El parámetro “a” se corresponde con el peso de la muestra, “b” con el peso de la cápsula llena antes del secado y “c” con el peso de la cápsula tras el secado.*

### 3.5 Elaboración de cremas hidratantes

Durante el trabajo se diseñaron distintas formulaciones de crema hidratante con y sin plasma (Tabla 3), empleando como formulaciones control las elaboradas por Laca et al. (18).

*Tabla 3. Formulaciones de las cremas. La crema C1 es la control 1, la C2 es la control 2, la C3 es la crema con colorante empleada en la evaluación sensorial y la crema M2 es la realizada en este proyecto. Los componentes de la fase grasa aparecen en un gris claro, mientras que los de la acuosa aparecen en un gris más oscuro. Todos los reactivos han sido añadidos con una relación peso/peso.*

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>M2</b>
<b>Aceite de germen de trigo</b>	3%	2%	3%	6%
<b>Aceite de vaselina</b>	5%	5%	5%	-
<b>Lanolina</b>	4%	3%	4%	-
<b>Ácido esteárico</b>	4%	4%	4%	-
<b>Plasma</b>	-	2%	-	10%
<b>Alcohol cetílico</b>	4%	4%	4%	8%
<b>β-caroteno</b>	-	-	0,01%	-
<b>Agua</b>	71,5%	71,5%	71,5%	71,5%
<b>1,2-Propanodiol</b>	8%	8%	8%	8%
<b>Carboximetilcelulosa</b>	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%

Para la elaboración de la crema se pesaron por separado los componentes de la fase grasa (gris claro) y los de la acuosa (gris oscuro). Se trataron térmicamente por inmersión en un baño a 80°C y con agitación manual continua durante 5 minutos. Tras el tratamiento, la fase acuosa se adiciona sobre la grasa, el hacerlas por separado permite una buena solubilización de los distintos componentes, y se homogenizan a 11000 rpm durante 5 minutos haciendo uso de Silent Crusher M. de Heidolph. Finalmente, la crema se deja enfriar y estabilizarse durante 1 día en oscuridad.

### 3.5.1 Reometría

Para caracterizar las cremas, una de las pruebas empleadas fue un análisis mediante rampas de tiempo que emulasen la aplicación de la crema sobre la piel. Las muestras se analizaron empleando un sensor de titanio pp60 y se mantuvieron durante 15 minutos a 35°C, para luego realizar un barrido de la muestra durante 20 segundos a una velocidad de deformación constante de 150 s<sup>-1</sup> a 35°C, parámetros empleados por Laca et al (18).

### 3.5.2 Texturometría

Para la evaluación texturométrica de la crema se empleará un ensayo de untabilidad, denominado “Spreadability/softness of margarine”. La muestra recién preparada, antes del enfriado, se introdujo en unos moldes de polimetilacrilato hembra que encajan perfectamente en una sonda con forma de cono con una inclinación de 45°.

Los parámetros del ensayo son: 3 mm/s de velocidad de ensayo, 10 mm/s velocidad postensayo, 23 mm de distancia de penetración una altura de 30 cm y una adquisición de datos a 200 pps, parámetros empleados por García (24). Se realizaron las medidas por duplicado y los parámetros obtenidos mediante este ensayo son la dureza que es la fuerza máxima necesaria para deformar el producto o la resistencia del mismo a la deformación, la pegajosidad que es la fuerza máxima necesaria para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y de la sonda, el trabajo de cizalla que es el trabajo que se necesita para untar el producto y el trabajo de adhesión que es el trabajo necesario para retirar la sonda. La dureza se obtiene del pico máximo positivo, la pegajosidad se obtiene del pico máximo negativo, el trabajo de cizalla se corresponde con el área del pico máximo positivo y el trabajo de adhesividad con el área del pico máximo negativo (Figura 10).

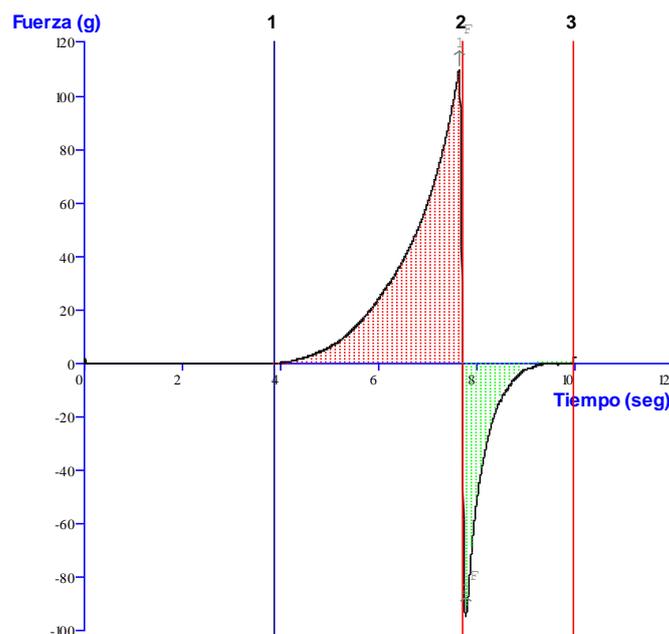


Figura 10. Ilustración sobre la obtención de los distintos parámetros del ensayo de untabilidad.

### 3.5.3 Colorimetría

Para la toma de las distintas medidas colorimétricas se ha empleado el espectrofotómetro UltraScan Vis de HunterLab. Previamente a la realización de las medidas, se calibra el equipo haciendo uso de una teja blanca y de una trampa de luz, comprobando su correcta calibración mediante una teja verde. Para la medición se emplea una cubeta de cuarzo de 10 milímetros de paso óptico (USVIS1034), usando para el análisis el método de reflexión especular excluida y determinándose el color en el espacio CIE-LAB.

### 3.5.4. Evaluación sensorial

Se realizaron paneles de cata con el objetivo de obtener información complementaria a la obtenida por el texturómetro y obtener información sobre los distintos productos elaborados en lo referente a aceptabilidad general. Para obtener dicha información se realizaron pruebas hedónicas, pruebas que no requieren para el propósito marcado un panel muy entrenado. Las cuestiones contenidas en el cuestionario (Anexo 1) evalúan cuatro cremas: la control C1 (una base comercial sin plasma), control C2 (crema C1 con plasma), la crema modificada (M2) y una crema con colorante (C3). A cada panelista se le entregaron dos juegos de cremas, uno con 5 gramos de cada crema para la fase previa y la general, y otro con dos acúmulos de 35.33 mg de cada una de las cremas para esparcir sobre la piel. Las cremas se evaluaron en el antebrazo, dibujándose áreas de un tamaño de 1.5 centímetros de radio, separada cada área de

la anterior 2 centímetros, tal y como se estipula en las normas UNE por el comité AEN/CTN 87 de AENOR.

Las preguntas contenidas por el cuestionario iban dirigidas a evaluar la firmeza y la pegajosidad de la crema (fase previa), la humectabilidad, untabilidad y el grosor (durante el frotado), y el brillo, la resbalosidad y la cantidad de residuo restante (tras 15 minutos). Además también se evaluaron características generales como el color, el aroma y el grado de aceptación total. Para la evaluación de las primeras características, se indicó al panel que una puntuación de 2.5 era lo que los distintos miembros pensasen que era su crema ideal, pudiendo puntuar hasta 1 o 5 según considerasen oportuno. Para las características generales, se pidió que las puntuasen desde el 1 hasta el 5, correspondiéndose el 3 con la indiferencia.

El panel de cata que evaluó ambos productos se componía de 7 personas no entrenadas, del mismo sexo (mujer), sanas, sin medicar y en un rango de edad de entre 22 y 30 años. El panel fue debidamente instruido sobre cómo realizar la prueba adecuadamente y de cómo evaluar cada uno de los atributos y de las características que se les requería evaluar. El número de personas es menor que el recomendado para pruebas de estas características, pero sirve como una prueba preliminar para la caracterización del producto.

### **3.6 Análisis estadístico**

Los resultados de las distintas evaluaciones sensoriales fueron tratados estadísticamente para identificar valores significativamente diferentes de otros mediante un análisis de la varianza (ANOVA) simple con un nivel de confianza del 95%. Para la realización del ANOVA es necesario que los datos se ajusten a una distribución normal y que las varianzas sean iguales, realizándose el primero mediante ajustes a una normal y el segundo mediante un test de Levene. El programa estadístico empleado fue Statgraphics Centurion XVI.

## **4. Resultados**

## 4.1 Elaboración de gelatinas

### 4.1.1 Obtención de la formulación definitiva

En un principio se realizaron mezclas compuestas de un 10% p/p de yema, plasma o gránulos liofilizados en agua destilada, tomándose como punto de partida un 10% de acuerdo a las concentraciones empleadas por Pang et al (4). Debido a la imposibilidad de obtener una gelatina, se decidió incluir en la formulación base cuatro hidrocoloides diferentes: carragenato, agar, fécula o almidón de patata y goma xantana.

Tras un gran número de ensayos, la formulación de la gelatina base seleccionada consistía en un 4.5% p/p de gránulos, plasma o yema con 1% p/p de carragenato, homogeneizándose la mezcla en agua destilada durante 15 segundos mediante un agitador. La mezcla se trata en estufa (100°C) durante 20 minutos agitando manualmente a los 10 minutos y llevando a enfriar en nevera como mínimo 20 minutos, quedando unas gelatinas caracterizadas por su color y por el brillo (Figura 11).



Figura 11. Fotografía de las diferentes gelatinas elaboradas.

### 4.1.2 Características generales

Otras características del producto desarrollado, aparte de las ya mencionadas y las que se analizarán, son su reversibilidad y la sinéresis.

Respecto a la reversibilidad, el tratamiento térmico de fragmentos de gelatinas de 60g produce que la mezcla vuelva al estado líquido, volviendo a gelificar al enfriar. La reducción del tamaño, ocasiona que las gelatinas de yema y gránulos vuelvan a ser totalmente homogéneas (Figura 12).

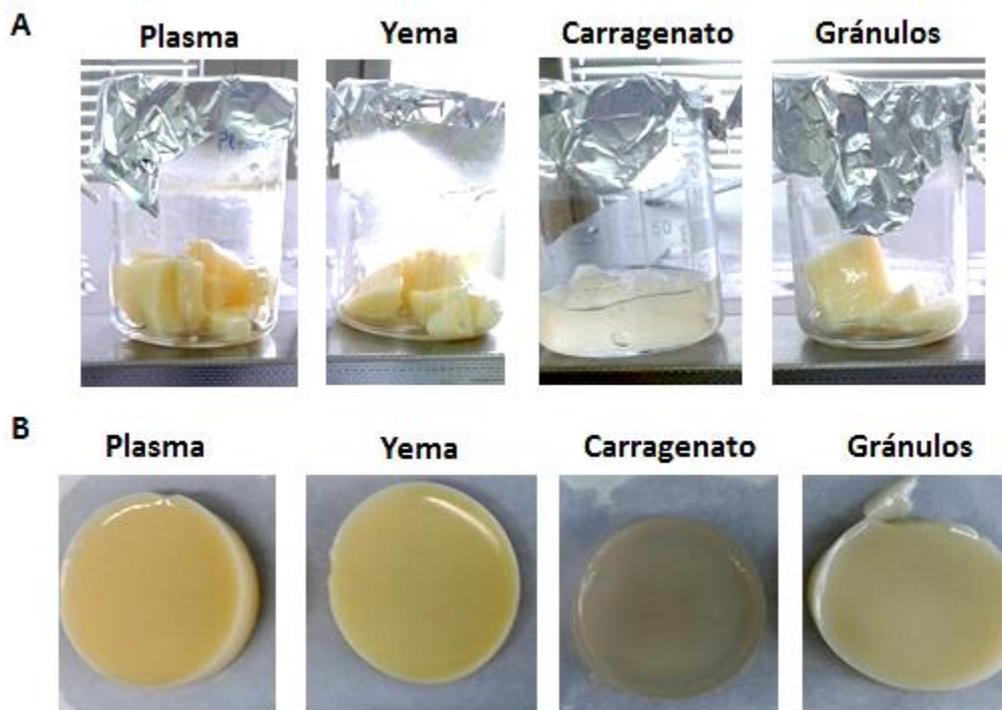


Figura 12. Pruebas de regelificación. **A.** Fragmentos de las distintas gelatinas antes de sufrir el tratamiento térmico. **B.** Gelatinas obtenidas tras los diferentes tratamientos.

Respecto a la sinéresis, mencionar únicamente que el producto tiende a exudar agua con el paso del tiempo, lo cual hace imposible su comercialización en forma de gelatina a menos que se comercialice en sobres a falta de hidratar o de que se modifique la formulación.

Aparte de las características ya mencionadas, el producto con huevo presenta un color, un aspecto y un sabor más apetecible que el del producto sin huevo, además de ser más consistente, algo que se comprobará en los siguientes apartados.

#### 4.1.3 Contenido nutricional

En la Tabla 4 se muestra el contenido nutricional de las diferentes gelatinas elaboradas por cada 100 gramos de producto, empleando para el cálculo valores teóricos recogidos en la bibliografía (25, XXV). El contenido calórico se ha calculado teniendo en cuenta que las proteínas proporcionan 4 kilocalorías por gramo, proporcionando 4 y 9 kilocalorías los carbohidratos y las grasas, respectivamente (XXXVIII).

Tabla 4. Contenido nutricional de la gelatina por cada 100g de producto.

	Gelatina Yema	Gelatina Plasma	Gelatina Gránulos
<b>Calorías (kcal)</b>	36,3	36,5	25,4
<b>Extracto seco (g)</b>	5,5	5,5	5,5
<b>Carbohidratos (g)</b>	0,7	0,7	0,7
<b>Proteínas (g)</b>	1,4	1,0	2,5
<b>Lípidos totales (g)</b>	3,1	3,3	1,4
<b>Colesterol (mg)</b>	109,1	131,0	30,6

Teniendo en cuenta que una unidad de consumo adecuada para estas gelatinas podría ser de unos 120g, el contenido calórico de las gelatinas de yema, gránulos y plasma estaría bastante por debajo del rango habitual de los postres que va desde de las 180 a 599 kcal (media 315.5 kcal) por unidad de consumo (XXVI). Lo que convierte a estos productos en una base perfecta para la adición de otros ingredientes a la formulación, para su inclusión en platos de cocina, para su incorporación en dietas bajas en calorías o incluso para su ingesta entre horas. Los contenidos de colesterol muestran que el producto con gránulos daría lugar a un producto muy bajo en el mismo.

#### 4.1.4 Caracterización de las gelatinas

Para la caracterización de este producto se han hecho uso de pruebas de reometría, texturometría, colorimetría, recuento de mesófilos, SEM y paneles de cata.

##### 4.1.4.1 Reometría

Los resultados de la prueba de barrido de esfuerzo (Figura 13) muestran que las gelatinas toleran una presión superior a 100 Pa y que el rango lineal viscoelástico es similar para las gelatinas de yema y sus fracciones, observándose que los valores de los módulos elástico ( $G'$ ) y viscoso ( $G''$ ) de los gránulos son superiores a los de la yema y el plasma, que son similares. Que los módulos  $G'$  y  $G''$  sean superiores en los gránulos que en las otras se debe al tratamiento que recibió la muestra antes de gelatinizar, ya que recibió un barrido de temperatura rápido y dependiendo del tratamiento, los gránulos se ven afectados en mayor o menor medida (ver Figuras 14 y 15).

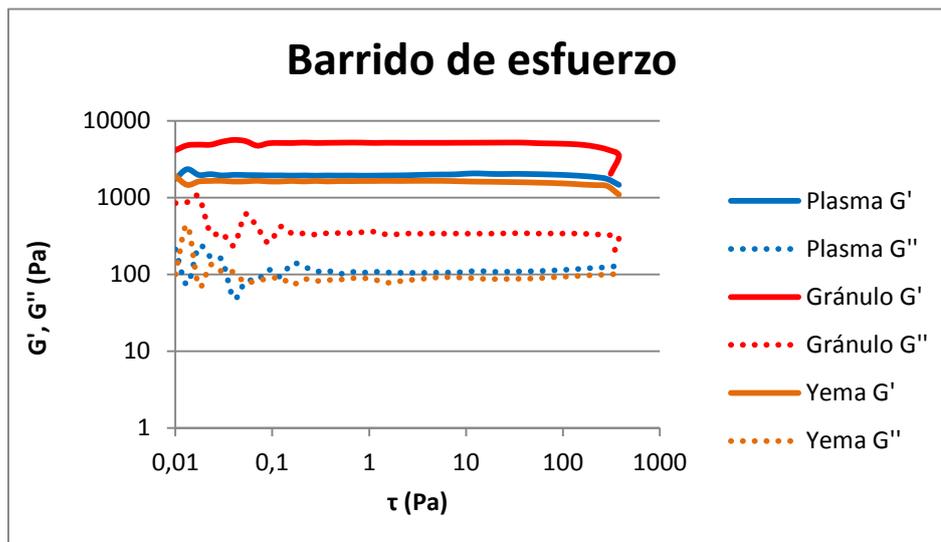


Figura 13. Resultados del barrido de esfuerzo. Ensayo realizado para las muestras de plasma, gránulos y yema con una frecuencia de 1 Hz y a una temperatura de 20°C.

En la Figura 14 se observan los resultados del barrido de temperatura lento, prueba en la que el incremento a las distintas temperaturas se hacía de forma lineal para estudiar la formación de la gelatina. La gelificación ocurre durante la etapa de calentamiento para el plasma y la yema, y durante el enfriado para los gránulos, proceso que comienza cuando ambos módulos incrementan su valor de forma considerable. En esta prueba las gelatinas de yema y plasma tienen las mismas características, estando su gelificación gobernada por las proteínas, mientras que en los gránulos el valor de los módulos es inferior a las otras, siendo su gelificación gobernada por el carragenato, pues los glóbulos de HDL-fosvitina resisten el tratamiento térmico, no dominando la gelificación.

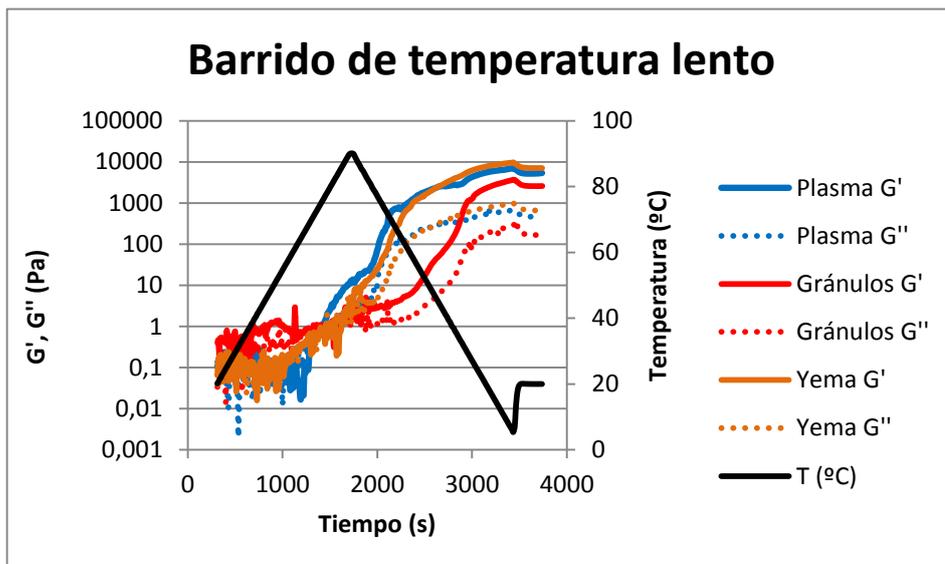


Figura 14. Resultados del barrido de temperatura lento. Ensayo realizado con las muestras de plasma, gránulos y yema a una frecuencia de 1 Hz, una deformación del 0.1% y con unas velocidades de calentamiento y enfriamiento de 3°C/min.

La Figura 15 muestra los resultados obtenidos al incrementar la temperatura de forma rápida, en lugar de lineal, simulando las condiciones de la estufa. En esta prueba la gelificación se inicia durante la etapa de enfriamiento para todos los materiales. Los valores de los módulos  $G'$  y  $G''$  son similares a los del barrido de temperatura lento para las gelatinas de plasma y yema, mientras que para los gránulos tiene lugar un incremento que hace que sean similares sus propiedades a las de las otras gelatinas. Las diferencias observadas con los gránulos en los diferentes barridos de temperatura pueden deberse a que debido a su estructura, es decir a la de los complejos HDL-Fosvitina unidos por puentes fosfocálcicos, tienen una mayor resistencia a la temperatura. Ello puede provocar que al incrementarse linealmente (barrido de temperatura lento), los gránulos se vean menos afectados y participen en un menor grado en la gelificación.

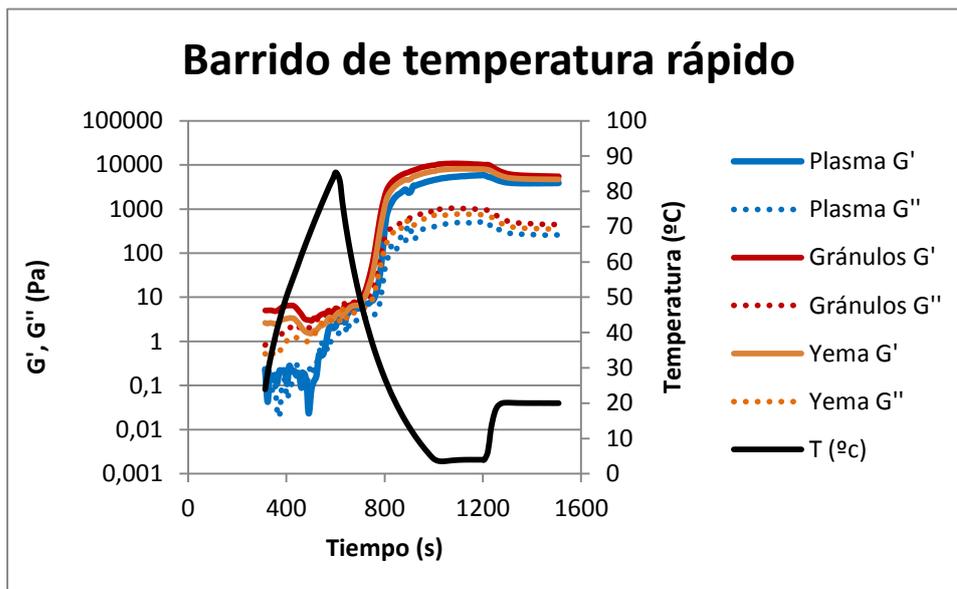


Figura 15. Resultados del barrido de temperatura rápido. Ensayo realizado con las muestras de plasma, gránulos y yema con una frecuencia de 1 Hz, una deformación constante del 0.1%, con una velocidad de calentamiento a 100°C de 16°C/min, una velocidad de enfriamiento a 4°C de 9.6°C/min y una de calentamiento a 20°C de 3.2°C/min.

De la comparación de las gráficas de los distintos barridos de temperatura se observa como el paso de 4 a 20°C conlleva una reducción en los módulos elástico y viscoso, lo que refleja un cambio en las características físicas de las gelatinas. Además, se observa como la yema y el plasma no presentan un comportamiento diferenciado en base al tratamiento térmico, mientras que los gránulos sí. Ello indica, tal y como han observado otros autores, que en la yema la gelificación está gobernada por la fracción correspondiente al plasma (3). Otra conclusión interesante desde el punto de vista tecnológico, es que el tratamiento térmico de la muestra debe ser rápido, porque de lo contrario, los complejos HDL-fosvitina no se dañarían y la gelificación estaría gobernada por el carragenato, dando lugar a unas gelatinas menos consistentes.

Las pruebas reológicas empleadas no se pudieron aplicar al estudio de la muestra sin huevo (solo carragenato), debido a la inestabilidad y rápida separación en dos fases de la mezcla resultante.

#### 4.1.4.2 Texturometría

Los resultados del texturómetro se dividen en dos partes: los de los ensayos de penetración y los de compresión, ambos recogidos en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados promedio de las pruebas de texturometría.

<b>Penetración</b>				
	<b>Yema</b>	<b>Plasma</b>	<b>Gránulos</b>	<b>Carragenato</b>
<b>Fuerza Bloom (mg)</b>	68±1	55±1	47±2	33±1
<b>Compresión 20%</b>				
<b>Dureza (g)</b>	405±17	400±30	344±21	245±14
<b>Deformación (g/s)</b>	324±24	328±23	280±17	190±9
<b>Compresión 50%</b>				
<b>Dureza (g)</b>	1627±111	1547±166	1132±70	757±46
<b>Deformación (g/s)</b>	2461±67	2342±202	1722±126	952±85

De la prueba de penetración se puede obtener información sobre la fuerza Bloom de la gelatina, la cual se corresponde con el primer pico máximo y que tal y como se ha mencionado con anterioridad, se corresponde con la fuerza que es necesaria aplicar para presionar la superficie una distancia de 4 mm. Ese dato proporciona una idea aproximada de la consistencia de la gelatina. La gelatina de yema es la que necesita que se le aplique una mayor fuerza para lograr fracturarla, seguida ésta por el plasma, los gránulos y el carragenato. Lo anterior indica que la adición de yema o de sus fracciones incrementa la fuerza Bloom, o lo que es lo mismo, que incrementan la resistencia o la dureza de la estructura. Las gelatinas obtenidas prácticamente carecen de pegajosidad, pues en el caso de existir, se hubiese observado un área negativa en la gráfica.

Los resultados del ensayo de compresión (Tabla 5) se dividen en dos pruebas consecutivas, una compresión del 20% y otra del 50% que se realiza de manera consecutiva a la anterior. Los resultados del ensayo de compresión del 20% indica que las gelatinas de yema y plasma se comportan del mismo modo cuando se aplica una compresión baja, aunque cuando se incrementa, la de yema necesita que se le aplique una mayor fuerza para llegar a fracturarse. Es importante hacer una distinción entre las durezas, pues en la prueba del 20% no se produce rotura, mientras que en la de 50% sí. Eso conlleva que en la de 20% se obtiene la dureza en sí, es decir la fuerza máxima necesaria para lograr la compresión deseada, mientras que en la de 50% se obtiene la fracturabilidad, es decir la fuerza máxima requerida para fracturar la muestra. Los resultados de dureza de los gránulos muestran como el producto obtenido tiene una consistencia bastante reducida en ambos ensayos de compresión, lo que implica que es más sencilla de deformar y romper que las gelatinas de plasma y de yema.

Otro parámetro obtenido en este ensayo es el denominado deformación, que hace referencia al trabajo requerido para deformar la gelatina hasta el grado deseado. La yema y el plasma tienen valores similares, incrementándose las diferencias con el incremento de la compresión. Sin embargo, los gránulos necesitan de un menor trabajo para deformarse, lo cual coincide con todos los resultados de dureza y de fuerza Bloom analizados con anterioridad, indicando todos ellos que las gelatinas de gránulos son menos resistentes que las de plasma y yema.

La Figura 16 muestra como tras alcanzarse el pico máximo aparece un escalón en lugar de ser un descenso rápido. Ese escalón implica que la ruptura de la gelatina se produce en dos fases, equivaliendo una a una ruptura superficial y otra probablemente a una ruptura más en profundidad de la estructura. Esa forma de ruptura parece venir marcada por el carragenato, reduciéndose esa fragmentación en dos pasos con la adición de yema o de sus fracciones. Los resultados obtenidos muestran que la adición de yema o de sus fracciones incrementan la consistencia de las gelatinas, ya que los resultados del carragenato en ausencia de la yema y de sus fracciones muestran que se necesita menos trabajo y menos fuerza para deformarlas y romperlas.

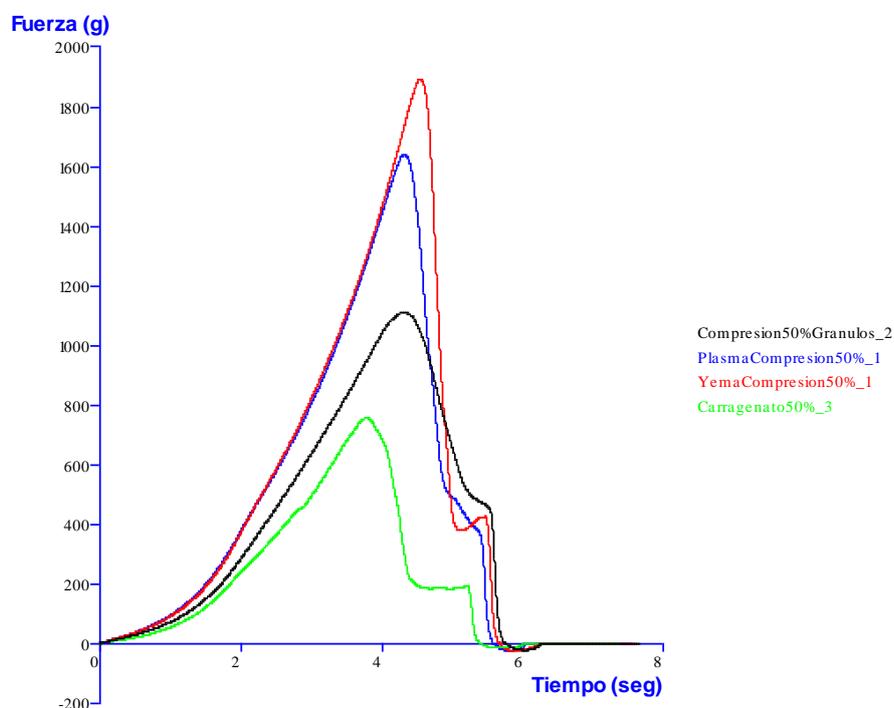


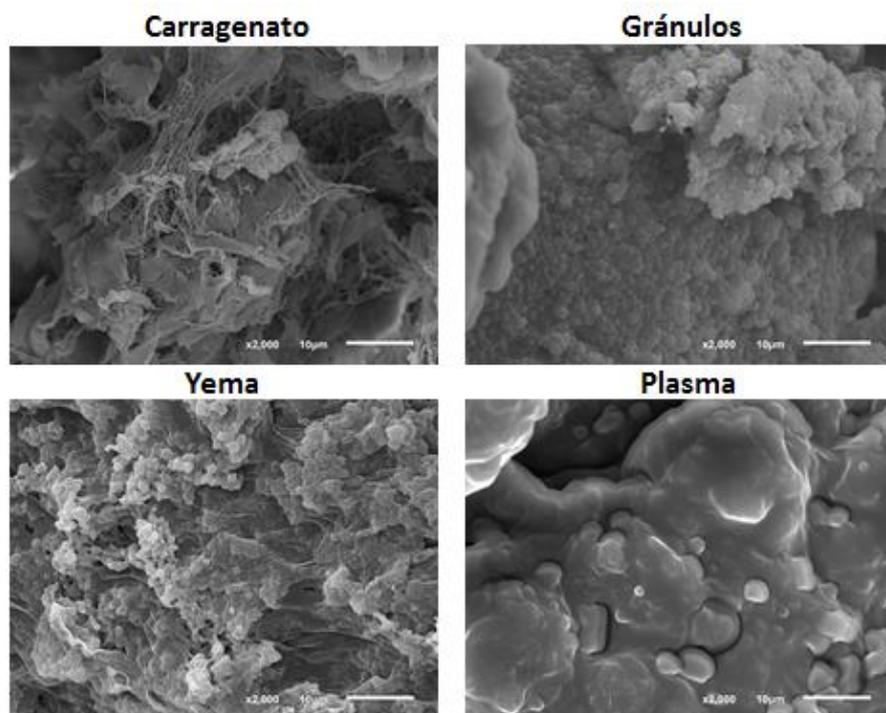
Figura 16. Gráfica ejemplo de la prueba de compresión al 50%.

En las dos pruebas realizadas con el texturómetro se obtiene que la yema da lugar a gelatinas más consistentes que las del plasma, aunque la diferencia entre ambas es

poco relevante y no existiendo cuando la compresión es reducida. Ese ligero incremento en la consistencia, al igual que otros investigadores han observado durante un estudio de la gelatinización de la yema (16), es probable que se deba a que los gránulos presentes en la yema refuerzan los puntos débiles de la estructura generada entre el carragenato y el plasma. Esta suposición surge al obtenerse que la gelatina de yema, que contiene tanto plasma como gránulos, es más consistente que la de plasma y gránulos por separado. Este resultado revela la existencia de un posible efecto sinérgico entre los gránulos y el plasma que refuerza la estructura del carragenato.

#### 4.1.4.3 SEM

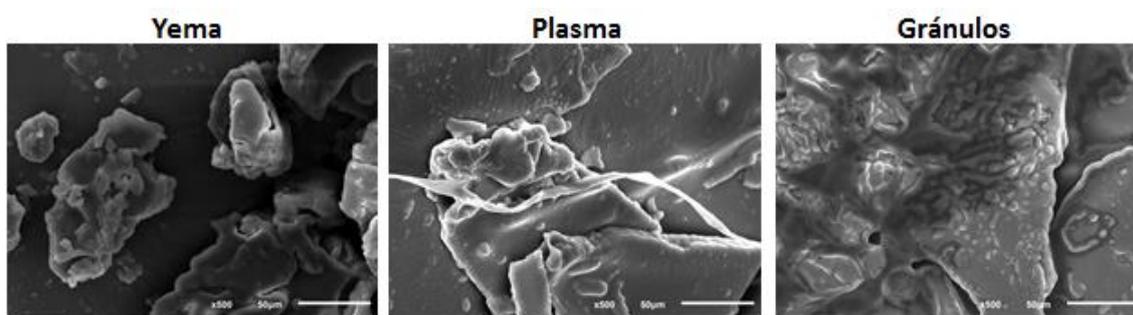
Las microfotografías captadas por el SEM muestran algo que cabría esperar y es que la yema tiene una estructura intermedia entre el plasma y los gránulos, viéndose partes estructurales correspondientes a ambas fracciones (Figura 17). La estructura del plasma y de los gránulos sin adición de ningún otro compuesto ha sido analizada mediante SEM por algunos investigadores (2), observándose para los gránulos estructuras esféricas y para el plasma una estructura plana de forma irregular, estructuras presentes en las gelatinas.



*Figura 17. Microestructura gelatinas. Microfotografías a 2000 aumentos y con una escala de 10 μm de las distintas gelatinas.*

Tal y como se observa en las microfotografías, la gelatina de gránulos está formada por estructura esféricas que probablemente se correspondan con los complejos HDL-fosvitina. El plasma, sin embargo, presenta superficies lisas con pequeños agregados

con una forma notablemente diferente a las esferas que aparecen en las gelatinas con los gránulos. Esos agregados pueden corresponderse con acúmulos de grasa que puedan quedar en la superficie. La estructura de las gelatinas de yema parece ser una intermedia a la de las gelatinas anteriores, mientras que la de carragenato forma una estructura fibrosa. Cuando se adiciona yema o una de sus fracciones, el huevo interacciona con el carragenato dando lugar a una estructura con una mayor resistencia a la deformación.



*Figura 18. Microestructura de la materia liofilizada. Microfotografías a 500 aumentos y con una escala de 50  $\mu\text{m}$  de la yema, el plasma y los gránulos liofilizados.*

Aparte de microfotografiar y analizar la estructura de cada una de las gelatinas, también se realizó lo mismo con la yema, el plasma y los gránulos liofilizados (Figura 18). Al igual que en las gelatinas, el liofilizado de yema tiene características comunes al plasma y a los gránulos, aunque en este caso guarda más similitudes con el plasma. El liofilizado de gránulos muestra una superficie heterogénea, probablemente por los complejos proteicos, mientras que el plasma tiene en su mayoría estructuras lisas.

#### 4.1.4.4 Recuento de mesófilos totales

Una característica importante de cualquier producto alimentario desde el punto de vista sanitario es el grado de contaminación microbiana que presenta. Para evaluar el grado de contaminación, se elaboró una gelatina de cada tipo y se mantuvo en la nevera hasta el momento de su análisis. Tras realizar el sembrado y una incubación de 96 horas, se realizó el recuento de microorganismos

En todos los casos el recuento fue menor a  $10^2$  ufc/g, lo que confirma las buenas condiciones higiénicas y de manipulación a lo largo del proceso. Además, la totalidad de los microorganismos que han aparecido se corresponden con mohos provenientes del almacenamiento temporal de las gelatinas en la nevera. No se ha detectado la presencia de ninguna bacteria.

#### 4.1.4.5 Colorimetría

En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de colorimetría.

*Tabla 6. Resultados de la prueba de colorimetría. Se han analizado las gelatinas de yema, gránulos, plasma y la de sin huevo mediante el método CIE-lab, obteniéndose los valores de los parámetros  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (posición rojo-verde) y  $b^*$  (posición amarillo-azul). Se muestran los valores promedio de cada duplicado acompañados de su desviación estándar.*

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Yema</b>	77,0±1,4	3,0±0,1	21,6±0,4
<b>Plasma</b>	75,2±0,5	4,2±0,1	24,2±1,4
<b>Gránulos</b>	77,1±2,1	1,3±0,3	17,0±0,1
<b>Sin Huevo</b>	22,7±1,3	0,5±0,1	0,8±0,5

El parámetro luminosidad indica lo cercanas que están las muestras al color blanco o al negro, correspondiendo un valor de 0 al negro y uno de 100 al blanco.  $L^*$  indica que las gelatinas de huevo están más cercanas al blanco que la de sin huevo. En cuanto a las gelatinas con huevo, la de gránulos es la que tiene el valor más cercano al blanco. El parámetro  $a^*$  indica en qué posición de color de entre el verde y el rojo se encuentra el producto, estando más cerca del rojo cuanto más positivo sea este valor. Las gelatinas de plasma son las que más se acercan al rojo, seguidas de la yema, los gránulos y por último de la de sin huevo. Finalmente, el parámetro  $b^*$  indica en qué posición de color de entre el amarillo y el azul se encuentra el producto, estando más cerca del amarillo cuanto más positivo sea el valor. Al igual que ocurre con el parámetro  $a^*$ , en el  $b^*$  el mayor valor lo tiene la gelatina de plasma, seguido por la de yema, gránulos y finalmente por la de sin huevo. Las diferencias observadas en los colores de los distintos productos se deben principalmente a su composición. El plasma, la fracción más grasa, concentra la mayor parte de los pigmentos que proporcionan a la yema ese color anaranjado tan característico, siendo a causa de ello que tenga el valor más elevado de los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  (2).

#### 4.1.4.6 Resultados de la evaluación sensorial

Para la siguiente prueba se ha empleado un panel formado por once personas no entrenadas, por lo que debe tenerse en cuenta que los datos obtenidos son orientativos. Lo ideal hubiese sido realizar una evaluación sensorial con personal entrenado para la evaluación del sonido y de un panel de aproximadamente 100 personas para la evaluación hedónica o de aceptabilidad, aunque a escala de laboratorio existen limitaciones que imposibilitan la realización de dichos paneles.

La puntuación general para las gelatinas de plasma, yema y gránulos es de  $4 \pm 1.2$ ,  $2.9 \pm 1.3$  y  $2.1 \pm 1.1$  sobre 7, respectivamente. Un 4 equivale a una puntuación neutra que indica que un producto no es ni agradable ni desagradable. Una puntuación neutra es esperable debido a que estas gelatinas están diseñadas de forma que sean una base sobre la que incorporar otros sabores. Las puntuaciones ligeramente inferiores a 4 también son aceptables, aunque en el caso de los gránulos un 30% de los panelistas han indicado que el producto es arenoso, algo indeseable. Por tanto, en una primera valoración global, el mejor producto para los panelistas sería el plasma.

Una evaluación de los resultados referentes a la primera pregunta del cuestionario (Anexo 1), revela que un 30% de los panelistas evidencia problemas para distinguir el sabor de las gelatinas, un 40% evidencia dificultades para distinguir las en adhesividad y un 56% las evidencia tener para diferenciar en olor. Estos problemas son esperables y lógicos, puesto que las tres gelatinas son productos con bastante similitud y a que el panel está constituido por individuos no entrenados.

*Tabla 7. Resultados de la evaluación sensorial. La primera parte de la tabla recoge la puntuación general, acompañada de la desviación estándar y de un análisis del ANOVA. En la segunda parte se recoge el promedio de las puntuaciones en cada atributo. En esta sección solo podían puntuar con 1 (el peor producto en ese atributo), con un 2 (producto intermedio) y con un 3 (la mejor).*

	Yema	Plasma	Gránulos
<b>Puntuación general</b>	$2,9 \pm 1,2^a$	$4,0 \pm 1,3^b$	$2,1 \pm 1,1^a$
<b>Color</b>	$1,9 \pm 0,7$	$2,7 \pm 0,7$	$1,4 \pm 0,5$
<b>Sabor</b>	$1,7 \pm 0,7$	$2,2 \pm 0,9$	$1,2 \pm 0,4$
<b>Olor</b>	$1,8 \pm 0,7$	$2,1 \pm 0,8$	$1,8 \pm 0,7$
<b>Dureza</b>	$2,5 \pm 0,5$	$2,1 \pm 0,7$	$1,4 \pm 0,8$
<b>Adhesividad</b>	$1,8 \pm 0,9$	$1,9 \pm 0,7$	$1,8 \pm 0,8$

Los valores con el mismo superíndice no difieren significativamente (nivel de confianza: 95%)

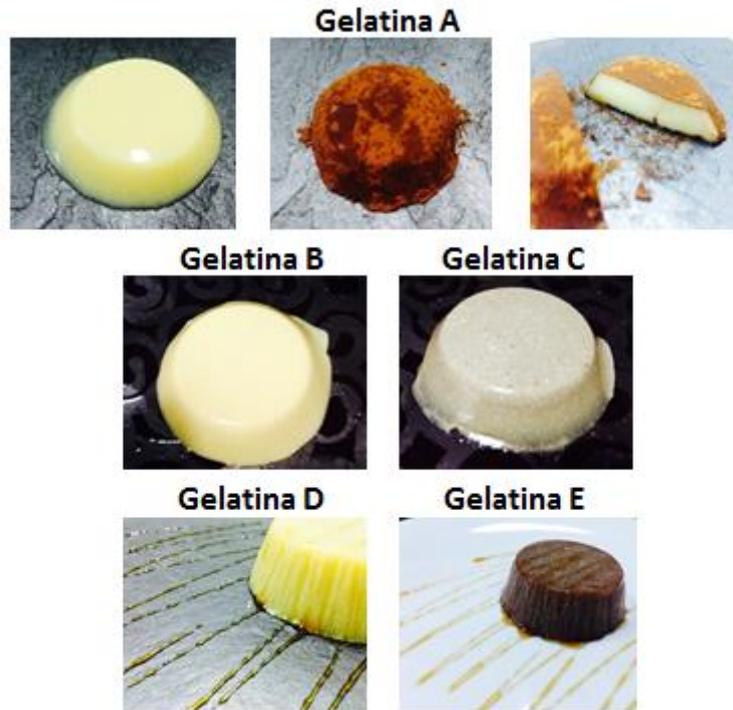
En la primera pregunta del cuestionario se pidió a los panelistas que ordenasen las gelatinas de la mejor (puntuación 3) a la peor (puntuación 1) en base a sus preferencias. Los resultados (Tabla 7) muestran que la gelatina de plasma es la mejor valorada en color, sabor y olor, mientras que los gránulos son categorizados como los peores prácticamente en todos los atributos. La de yema, como era de esperar, queda en una posición intermedia tendiendo a la baja.

Si se relacionan los resultados anteriores con los de colorimetría, se confirma que el ojo humano puede discernir con una mayor o menor dificultad las diferentes gelatinas, y es que según la prueba de colorimetría, la gelatina de plasma es la que presentaba los mayores valores en  $a^*$  y en  $b^*$ , seguida por la de yema y por la de gránulos. Estas diferencias fueron detectadas y valoradas por el panel de cata, ya que por un lado ningún panelista tuvo dificultad para diferenciar en color las tres gelatinas, proporcionándole la mejor puntuación al plasma, seguido de la yema y de los gránulos, un orden de aceptación idéntico al del color.

En base al análisis anterior se comprenden mejor las puntuaciones generales asignadas por el panel a cada uno de los productos. Los gránulos tienen la puntuación de 2.1 sobre 7, debido a que su sabor, color y su dureza no son agradables para la mayoría de los miembros que componen el panel de cata. La gelatina de yema tiene una puntuación de 2.9 sobre 7, siendo valorada como un producto intermedio entre los gránulos y el plasma, aunque tiende a ser parcialmente un producto más desagradable que agradable. La gelatina de plasma obtiene una puntuación de 4 sobre 7, una valoración ideal para un producto base. Esta puntuación se le ha proporcionado al producto en base al ser considerada la mejor en sabor y color por la mayoría de los panelistas.

#### 4.1.5 Aplicaciones de las gelatinas

Como se ha mencionado en distintas ocasiones, las gelatinas elaboradas son un producto base con el propósito de ser usadas en primera instancia por la alta cocina. Estas gelatinas poseen como ventajas, concretamente las de plasma, que son un producto de un color y un brillo apetitoso, caracterizándose el producto por el bajo contenido calórico y por los nutrientes que el huevo ha aportado, pues es importante recordar que el huevo contiene una gran variedad de vitaminas y minerales, y que provee de todos los aminoácidos esenciales. La principal desventaja del producto es la sinéresis que sufre la estructura, obligando ello a su uso inmediato. Esta desventaja es solucionable mediante la realización de algunos cambios en la formulación base.

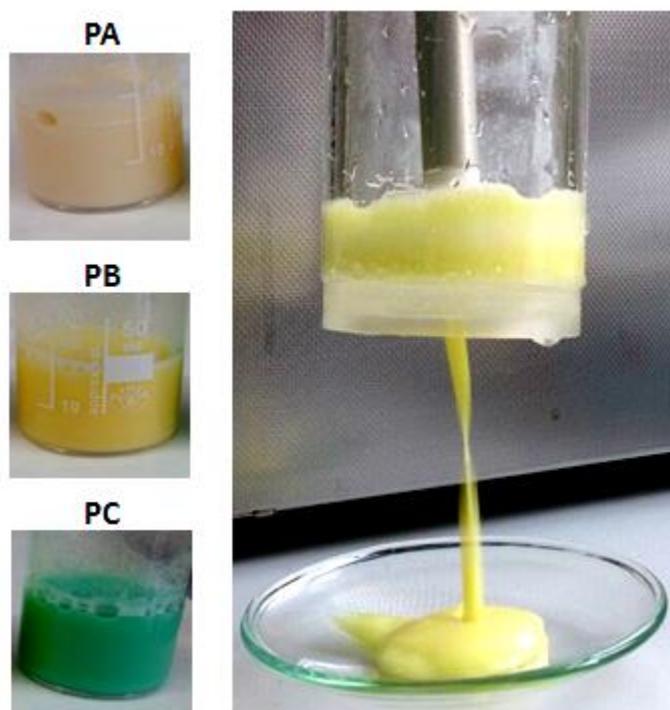


*Figura 19. Gelatinas desarrolladas a partir de la base. Las gelatinas de la primera fila denominadas como gelatinas A están aromatizadas con azúcar, vainilla y azahar, viendose finalmente recubiertas por cacao desgrasado. La gelatina B contiene vainilla natural infusionada con agua y extracto de estevia. La gelatina C contiene canela en rama y extracto de estevia. La gelatina D contiene estevia y aroma de azahar. La gelatina E continene azúcar vainillado y cacao. Todas las gelatinas se componen de plasma, la gelatina mejor valorada por el panel de cata.*

Como se puede observar en la Figura 19, gracias a la colaboración del cocinero Lluís Nel Estrada, se han desarrollado distintas gelatinas para servir como postre con variedad de sabores y aspectos, caracterizandose el producto final por un bajo contenido calórico, por un proceso de fabricación económico y por tener una parte de los nutrientes del huevo, características que otros postres no poseen. Otra aplicación, aparte de su uso en restauración o por la alta cocina, es la comercialización del producto en polvo con instrucciones detalladas sobre su preparación.

Otra posible aplicación de las gelatinas, es su empleo como “geles de glucosa”, un alimento de uso exclusivo por deportistas que necesiten aportes de energía de forma rápida, proveyendose el producto en el interior de tubos colapsibles (los usados en pastas dentífricas). Para la adaptabilidad de la formulación a este fin, se modifica la formulación de partida a una que contiene 4.5% p/p de gránulos, 0.5% p/p de carragenato y un 10% p/p de glucosa. La glucosa permitirá al deportista obtener la

energía de forma rápida, los gránulos proveer proteínas de alto valor biológico y el agua rehidratar al deportista. El producto obtenido (Figura 20) se caracteriza por tener una baja consistencia y licuefactarse al hacerse pasar a través de un orificio, una propiedad interesante para la aplicación mencionada.



*Figura 20. Gelatinas energéticas para deportistas. El producto PA es la gelatina sin colorante, el PB es con colorante amarillo y la PC con colorante verde, todos los colorante de grado alimentario. La imagen de la derecha es un ejemplo de dosificación.*

#### **4.2 Elaboración de un recubrimiento**

Durante la elaboración de las gelatinas se observó que éstas tenían potencial para emplearse como un recubrimiento comestible, algo que puede enfocarse tanto para el desarrollo de un recubrimiento similar a los plásticos como para la elaboración de recubrimientos protectores de alimentos. Cada uno de los desarrollos se llevó a cabo preliminarmente empleando plasma, principalmente por ser la fracción que daba lugar a unos productos más homogéneos y por ser la fracción de la que más material se disponía.

##### **4.2.1 Elaboración de láminas para envolver productos**

Se llevaron a cabo diferentes ensayos partiendo de la formulación de las gelatinas, elaborándose láminas y dejándolas expuestas al aire con el objetivo de secarlas. El

producto obtenido era flexible y resistente, aunque se necesitaba llevar a cabo una mejora en la elasticidad. Para ello, se incluyó goma de garrofín, un hidrocoloide con la capacidad de mejorar la elasticidad de los geles de carragenato (XXXI, XXXII). La mejor de las formulaciones desarrollada contenía un 4.5% p/p de plasma, 2.5% p/p de carragenato, 1.5% p/p de goma de garrofín y agua. Las membranas eran mucho más manipulables (resistentes y flexibles) comparadas con las elaboradas en ausencia de la goma de garrofín, manteniendo ese tacto similar al plástico e intensificándose su color hacia tonos marrones. Es interesante destacar que al sumergir las membranas en agua, éstas eran capaces de rehidratarse y recuperar las características físicas que poseían antes del secado. Con la realización de esta prueba, se observó que la lámina antes de secar tenía unas características que podían hacerla interesante para la elaboración de recipientes comestibles y recubrimientos protectores, debido fundamentalmente a la consistencia de la estructura y a la eliminación de la sinéresis (XXXI, XXXII).

Las láminas o membranas elaboradas tienen la propiedad de ser comestibles, rehidratables, relativamente flexibles, biodegradables y algo traslúcidas. Aunque por sus características probablemente no sean competitivas con los plásticos o productos derivados a la hora de usarse para envolver alimentos. Una mayor investigación en este campo permitiría desarrollar láminas de mejores características y propiedades que pudiesen reemplazar a los materiales plásticos.

#### **4.2.2 Elaboración de recubrimientos protectores**

Se realizaron diferentes ensayos basados en la evaluación del pH y de los cambios de peso de piezas de pescado tras la descongelación. La formulación empleada para estas pruebas contenía un 4.5% p/p de plasma o gránulos, un 1% p/p de carragenato y un 0.6% p/p de goma de garrofín, una formulación caracterizada por carecer de sinéresis, no ser reversible y de gelatinizar rápidamente al entrar en contacto con la superficie del alimento, recubriéndose los productos por inmersión con una capa fina, traslúcida y resistente. El horneado de ese recubrimiento permite obtener una cubierta y crujiente que recubre una pieza de pescado cocinada, características de un plato precocinado.

Respecto al pescado, se seleccionó al salmón por ser un pescado azul con elevado contenido en ácidos grasos, los cuales se caracterizan por ser más insaturados que los de otras plantas o animales, lo que conlleva que sean especialmente susceptibles al enranciamiento oxidativo. El proceso de oxidación mediado por el oxígeno

desencadena la producción de radicales libres, produciéndose a causa de la oxidación un deterioro del alimento. Además durante la congelación, las proteínas, uno de los mayores constituyentes del pescado además del agua, sufren la ruptura de enlaces que estabilizan su conformación, desnaturalizándose y perdiendo sus propiedades funcionales y bioquímicas (solubilidad, capacidad emulsionante). En concreto, un tipo de las proteínas afectadas son las miofibrilares, las cuales se corresponden con el 50% de las proteínas del músculo. La causa de esta desnaturalización de las proteínas no se debe a un único factor, pues interviene la disminución del agua disponible debido a la congelación, la concentración de sales y el daño mecánico causado al músculo por los cristales de hielo, entre otras causas. El deterioro proteico y lipídico durante la congelación provoca un endurecimiento en el pescado, el aumento de la tendencia a la deshidratación debido a las proteínas y cambios en olor, sabor y color por los lípidos, contribuyendo el deterioro de estos a la desnaturalización proteica (17).

Respecto a los ensayos, para evaluar el efecto de la cubierta pueden analizarse los cambios de peso (antes y después de la congelación), cambios de pH (antes y después, sin la envuelta), recuento de microorganismos totales (aplicable tras la congelación a la envuelta y al propio salmón), pruebas de colorimetría (antes y después de la congelación) y de texturometría (pruebas de compresión y de cizalla). Estudiar el cambio de peso puede ser interesante para analizar si el recubrimiento ayuda a que el salmón pierda menos agua debido a los daños que pueda sufrir la estructura, ya que la pérdida de agua se produce por el encogimiento de las fibras musculares y el daño celular, entre otras causas. El estudio del cambio de pH es un parámetro que ayuda a hacerse una idea del crecimiento microbiano y de los daños que se puedan haber producido, aunque es poco fiable debido a que en un principio se reduce por la producción de ácido láctico por los microorganismos y luego puede incrementarse por la degradación enzimática del músculo. Las pruebas de colorimetría pueden aportar información debido a que la desecación y la oxidación lipídica producen cambios en la coloración. Finalmente, las pruebas de texturometría son interesantes debido a que el salmón congelado se endurece durante la congelación, proceso estimulado por una alta oxidación lipídica, la cual da lugar a productos que facilitan la formación de enlaces cruzados entre las proteínas miofibrilares del salmón (17). De todas ellas, se realizó únicamente el estudio del cambio de peso y del pH, las más sencillas.

Los resultados obtenidos tras las pruebas (Anexo 3), no permiten demostrar la existencia de un posible efecto protector sobre daños químicos o biológicos. Los

ensayos realizados tienen una duración de 1 mes, necesiándose de una duración mínima de 6 meses para poder observar una evolución en el pH y en los cambios de peso. Además, sería interesante incluir otras técnicas de las anteriormente mencionadas para lograr una completa caracterización.

Aparte de los ensayos ya comentados, se realizó una evaluación sensorial para evaluar el grado de desecación en base al color y la persistencia del olor del pescado. Para ello, se ofrecieron cuatro piezas de salmón a un panel formado por 7 personas, 3 hombres y 4 mujeres. Dos de las piezas iban sin recubrir, siendo una de salmón fresco (salmón no congelado) y otra de salmón mantenido 30 días en congelación. Las dos piezas restantes se han almacenado congeladas durante 30 días e iban recubiertas, una con plasma y otra con gránulos. Se pidió al panel que evaluase el olor (asignando un 1 o un 5 si la intensidad del olor era inferior o superior a la pieza de salmón fresco) y el color (ordenando los productos en base a su intensidad). Los resultados se muestran en la Tabla 8.

*Tabla 8. Resultados de la evaluación sensorial del salmón. Se muestran los datos promediados, habiendo asignado para el tratamiento de los datos de color un 1 al producto más intenso, un 2 al intermedio y un 3 al menos intenso.*

	Olor	Color
<b>Fresco</b>	3	1,86±1,07
<b>Sin recubrir</b>	2,43±1,51 <sup>a</sup>	1,71±0,76
<b>Recubierto plasma</b>	3,29±2,14 <sup>a</sup>	2,71±0,95
<b>Recubierto gránulos</b>	3,29±1,80 <sup>a</sup>	3,71±0,49

Los valores con el mismo superíndice no difieren significativamente (nivel de confianza: 95%)

Como se observa en la tabla anterior, el olor de los productos recubiertos parece ser superior al del producto sin recubrir, superándose en intensidad al del producto fresco, lo cual sugiere que el olor de la pieza se ve concentrado por el recubrimiento y que además el recubrimiento consigue retener esos olores. En cuando al color, el producto sin recubrir tiene el color más intenso (elegido por el 85.7% de los panelistas), siendo probablemente esto debido a una desecación del producto y siendo el producto recubierto con gránulos el menos intenso (elegido así por el 85.7% de los panelistas). Es importante recordar que estos valores no representan una puntuación, sino que representan un orden. Estos datos permiten afirmar que el pescado recubierto se mantiene más fresco o más hidratado que el producto sin recubrir, el cual se deseca al estar sin protección.

Los recubrimientos protectores desarrollados son capaces de retener los olores y el agua en la pieza de pescado, evitando su pérdida y su desecación. Para poder confirmar la existencia de un efecto protector se deben realizar pruebas de mayor duración, tal y como se mencionó anteriormente.

### **4.3 Elaboración snacks y recipientes comestibles**

Al observarse la mejora en resistencia y flexibilidad que se obtenía en las membranas al incluir goma de garrofín (apartado 4.2.1), se cambió el proceso de elaboración para elaborar recipientes comestibles y snacks.

Para la elaboración del envase comestible se empleó una formulación compuesta por un 2.5% p/p de carragenato y un 1.5% p/p de goma de garrofín respecto a la formulación de las gelatinas, añadiendo como hasta ahora un 4.5% p/p de plasma y agua. Se empleó el plasma, y no la yema o los gránulos, por ser la materia prima de la que más cantidad se disponía y por ser la que daba lugar a productos con un aspecto más homogéneo. Tras tratar durante 30 minutos en estufa y al enfriarse por inmersión en agua (inmersión del recipiente que contenía la mezcla) con un molde en el interior, se obtuvo una gelatina con unas propiedades físicas adecuadas y con un hueco en la estructura (Figura 21, imagen izquierda). Los fragmentos restantes de gelatina se introdujeron en la estufa durante 1 hora a 100°C para estudiar el efecto de la temperatura sobre la estructura, obteniéndose que esta nueva formulación no es termorreversible. La no reversibilidad de la gelatina es una propiedad especialmente importante para el desarrollo de un envase comestible, lo que permite tratar térmicamente la gelatina hueca y obtener debido al tratamiento en estufa un recipiente seco, resistente, apetecible y crujiente (Figura 21, imagen central).



*Figura 21. Productos comestibles. La figura de la izquierda y de la central se corresponden con envases comestibles, el de la izquierda recién elaborado y el de la derecha tras permanecer una noche en estufa. La imagen de la derecha se corresponde con una lámina secada en estufa.*

### 4.3.1 Características generales

Aparte de las características ya mencionadas como son la resistencia, la apariencia apetecible y la capacidad de crujir, es importante remarcar otras características como que el producto seco no sufre daños por calor, a pesar de permanecer durante una noche entera a 100°C, y que no se reblandece tras una semana al aire, manteniéndose aparentemente el mismo grado de dureza y la capacidad de crujir.

El producto sin huevo (carragenato y la goma de garrofín) puede generar estructuras por sí mismo, aunque las estructuras que genera son frágiles, traslúcidas, insípidas, finas y quebradizas (Figura 22). La estructura sin huevo no es capaz de mantener siquiera una parte del grosor que tenía antes del secado, quedando demasiado fina.



Figura 22. Snacks y recipientes comestibles desarrollados. Los distintos productos elaborados con gránulos, yema, plasma y sin huevo (solo carragenato y goma de garrofín). La primera fila se corresponde con los recipientes comestibles y la segunda con los snacks.

En los recipientes comestibles de la Figura 22, se observa como los gránulos dan lugar a un producto aparentemente similar en consistencia al de plasma, aunque su estructura se encuentra granulosa, probablemente porque las estructuras HDL-fosvitina se hayan repartido y concentrando sobre ella durante el secado. El plasma y la yema dan lugar a un producto de paredes lisas con un aspecto similar a los productos elaborados con harina, característica que comparte con el de gránulos. Los productos con huevo son de un mayor grosor y mucho menos quebradizos que los que

no contienen huevo, lo cual es probable que se deba a la interacción del huevo con la estructura generada por el carragenato y la goma de garrofin (ver apartado 4.3.3.2 SEM). La interacción del huevo con la estructura formada por los hidrocoloides, podría estar modificándola y permitiendo que los recipientes mantengan su forma original mientras que los de sin huevo se retuercen (ver 4.3.3.2 SEM).

Los recipientes de la Figura 22 se elaboraron haciendo uso de un molde para que se mantuviese totalmente la forma deseada. En ausencia de un molde, la presencia del huevo no solo mantiene una parte del grosor original, sino que además garantiza el mantenimiento de parte de la forma (Figura 23).



Figura 23. Comparación de los recipientes comestibles sin huevo y con plasma antes y después del tratamiento térmico.

#### 4.3.2 Contenido nutricional

En la Tabla 9 se muestra el contenido nutricional de los diferentes snacks elaborados por cada 100 gramos de producto, empleando para el cálculo valores teóricos recogidos en la bibliografía (25, XXV, XLI). La energía se ha calculado teniendo en cuenta que las proteínas proporcionan 4 kilocalorías por gramo, proporcionando 4 y 9 kilocalorías los carbohidratos y las grasas, respectivamente (XXXVIII). En cuanto a la humedad, se han tenido en cuenta los resultados determinados experimentalmente para cada producto.

Tabla 9. Contenido nutricional de los snacks por cada 100g de producto.

	Snack Yema	Snack Plasma	Snack Gránulos
<b>Calorías (kcal)</b>	440,0	422,2	353,4
<b>Extracto seco (g)</b>	98,1	97,4	98,4
<b>Carbohidratos (g)</b>	28,5	26,8	29,3
<b>Proteínas (g)</b>	14,0	9,9	26,2
<b>Lípidos totales (g)</b>	30,0	30,6	14,6
<b>Colesterol (mg)</b>	109,1	131,0	30,6

Como era de esperar, los snacks de gránulos son los que tienen el mayor contenido proteico, los de plasma el mayor contenido lipídico y el de yema por tener un contenido

de proteínas y de lípidos intermedio, siendo el snack de yema el que presente un contenido calórico más elevado. Que el snack de yema presente un contenido calórico más elevado que el plasma, se debe al contenido en humedad, pues los snacks de yema tienen un mayor extracto seco que los de plasma.

Si se comparan los snacks desarrollados con otro similar del mercado, se encuentra que los elaborados tienen un contenido calórico menor al del comercial que más se le parece (el comercial tiene 516 kcal/100g frente a las 440.0 kcal de los snacks de yema), teniendo los snacks desarrollados un menor contenido en grasas (33g/100g de la referencia comercial frente a los 30.6g del plasma) y carbohidratos (51g/100g del comercial frente a los 29.3g de los gránulos), y mayor de proteínas (3.8g/100g del comercial frente a los 9.9g del plasma). El contenido proteico aparte de ser superior en cantidad, también lo es en calidad por proporcionar todos los aminoácidos esenciales. Por su parte, el contenido lipídico del snack no proviene de la adición de aceites refinados, sino que ese contenido proviene del propio huevo, siendo de mayor calidad y más saludable.

#### **4.3.3 Caracterización del recipiente comestible y de los snacks**

Para caracterizarlos solo se han podido emplear imágenes de la microestructura (SEM), pruebas de tolerancia a alimentos líquidos (recipientes comestibles), recuento microbiano y una evaluación sensorial en sustitución de la caracterización mediante un texturómetro, debido a que a escala de laboratorio y a un proceso de elaboración manual, no se pudieron desarrollar snacks o recipientes comestibles del mismo grosor o forma, lo que en el texturómetro originó problemas de reproducibilidad.

##### 4.3.3.1 Pruebas de tolerancia

Se realizaron pruebas con agua fría y caliente. Por un lado se llenó el recipiente comestible de plasma con agua fría y se fueron evaluando los cambios con el paso del tiempo. Tras pasar unos 30 minutos, la estructura se ablandaba debido a la absorción de agua por la estructura, aunque el producto ni se deshacía ni perdía la consistencia. Por otro lado, la adición de agua hirviendo deshace ligeramente la estructura, por lo que no es adecuado para su empleo como recipiente para albergar comidas calientes muy líquidas como sopas, caldos o cocidos.

Se realizaron las mismas pruebas con los gránulos y la yema. El recipiente elaborado con gránulos y llenado con agua hirviendo resistía sin deshacerse, lo mismo que ocurre con el recipiente de yema completa. La adición de otros productos como yogur o salsa de tomate también provocaron el ablandamiento de producto, lo cual se debe a

su contenido en agua. Esa rehidratación provoca que el producto adquiera una estructura de textura gomosa bastante resistente, lo que hace que el producto deje de ser apto para el consumo.

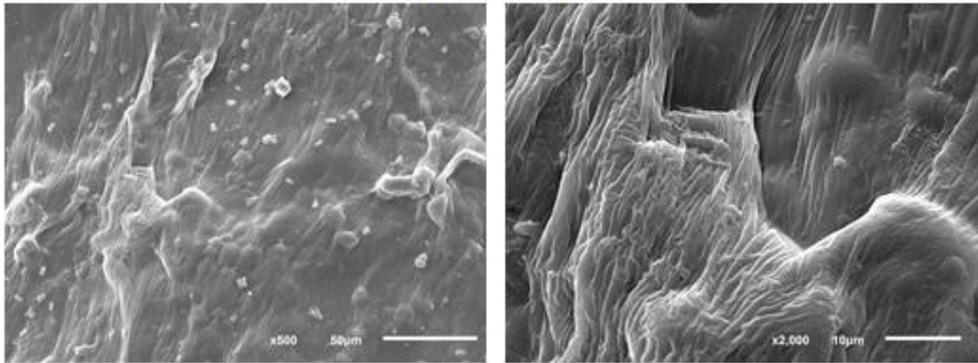
Lo anterior implica que este recipiente comestible puede ingerirse tal cual, condimentarse con especias, recubiertos de chocolate o con incorporación de alguna esencia (ejemplo vainilla), o también emplearse para contener productos no acuosos como el chocolate a la taza deshecho (Figura 25), que no produce un ablandamiento del producto.

#### 4.3.3.2 SEM

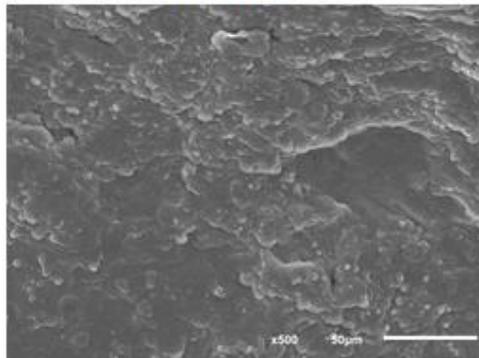
Las microfotografías de los distintos recipientes (Figura 24) muestran, al igual que se observó en el SEM de las gelatinas, que los snacks de gránulos tienen una superficie recubierta de esferas, las cuales se corresponderan en principio con la estructura formada por los complejos HDL-fosvitina. En los de plasma se aprecian una especie de capas de aspecto irregular y en las de yema se observa algo intermedio entre las dos anteriores, produciéndose la estructura a causa de una interacción entre los hidrocoloides y el huevo. Por otro lado, los recipientes sin huevo, con solo carragenato y goma de garrofín, muestran una estructura bastante diferente compuesta por una serie de esferas recubiertas por una capa, siendo esta estructura el posible resultado de una interacción entre los hidrocoloides y siendo totalmente distinta a la observada en las gelatinas (Figura 17). La capa superficial que se observa podría ser la responsable de evitar o reducir la sinéresis que se da en las gelatinas sin goma de garrofín, debido probablemente a que el agua sea incapaz de atravesarla en forma líquida. Además, parece que el plasma, la yema y los gránulos interaccionan con la estructura formada por los hidrocoloides, dando lugar a otra con una mayor resistencia y con una mayor capacidad de mantener la forma original.

Analizando lo observado con el carragenato en las gelatinas (Figura 17) y lo observado en los snacks (Figura 24), se puede decir que las esferas que aparecen en los snacks sin huevo puede que se deban a la goma de garrofín o quizás puede que ocurra que el carragenato al mezclarse con goma de garrofín adquiera una nueva estructura. La superposición anterior se basa en que en las gelatinas, el carragenato forma unas estructuras fibrosas y por el contrario aquí se observan los contornos de unas esferas, por lo que o esas esferas son de la goma de garrofín o el carragenato al estar con esta goma adquiere una nueva estructura.

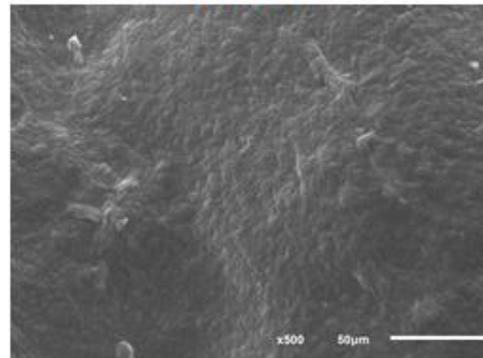
## Sin huevo



## Plasma



## Gránulos



## Yema

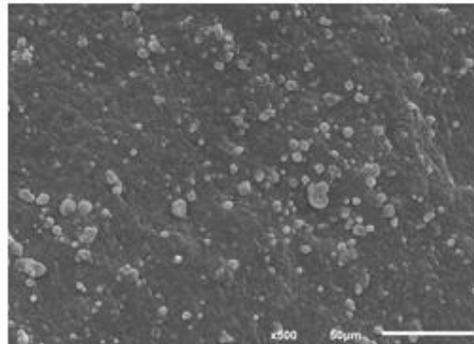


Figura 24. Microestructura de los snacks. En la parte superior se observan las fotografías de los recipientes sin huevo a 500 y 2000 aumentos con unas escalas de 50 y 10  $\mu\text{m}$ , respectivamente. En la parte inferior se observan la de los recipientes elaborados con plasma, gránulos y yema a 500 aumentos.

### 4.3.3.3 Colorimetría

Los resultados obtenidos (Tabla 10) siguen en su mayoría el mismo patrón que los resultados de las gelatinas, siendo el snack más oscuro el de sin huevo, seguido del de plasma. Además, el de plasma es el snack que más se acerca al color rojo, con valores bastante similares a los del snack de yema y alejados de los del de gránulos. Respecto al parámetro  $b^*$  se producen cambios, siendo en este caso el de yema el más cercano al amarillo. Las desviaciones estándar de los snacks de yema y gránulos

son significativamente más elevadas respecto al de plasma y sin huevo, debiéndose a la forma irregular de los snacks.

*Tabla 10. Resultados de la prueba de colorimetría. Se han analizado los snacks de yema, gránulos, plasma y los de sin huevo, obteniéndose los valores de los parámetros L\* (luminosidad), a\* (posición rojo-verde) y b\* (posición amarillo-azul). Se muestran los valores promedio acompañados de su desviación estándar.*

	L*	a*	b*
<b>Yema</b>	54,1±4,4	6,2±1,0	23,9±2,5
<b>Plasma</b>	50,9±1,2	6,9±0,1	22,9±0,6
<b>Gránulos</b>	55,3±1,6	4,1±1,7	22,1±1,7
<b>Sin huevo</b>	40,2±0,3	-0,6±0,1	4,4±0,6

Los resultados anteriores concuerdan con lo observado experimentalmente, pues el de gránulos tenía el color más claro y diferenciable, mientras que los snacks de yema y plasma eran difícilmente diferenciables, algo apoyado por los resultados tan cercanos que tienen en cada parámetro ambos snacks.

#### 4.3.3.4 Recuento de mesófilos totales

Al igual que en las gelatinas el recuento de microorganismos en los snacks no llega a las 10<sup>2</sup> ufc/g, debiéndose el recuento prácticamente en su totalidad a mohos que probablemente estuviesen en la nevera, ya que por error, los snacks envasados al vacío se almacenaron en la nevera.

#### 4.3.3.5 Evaluación sensorial

Para la siguiente prueba se ha empleado un panel formado por nueve personas no entrenadas, por lo que debe tenerse en cuenta que los datos obtenidos son orientativos. Lo ideal hubiese sido realizar una evaluación sensorial con personal entrenado para la evaluación del sonido y de un panel de entre 50 y 100 personas no entrenadas para la evaluación hedónica o de aceptabilidad, aunque a escala de laboratorio existen limitaciones que imposibilitan la realización de dichos paneles.

Para la evaluación se entregaron a los panelistas una serie de cuestiones (Anexo 1) enfocadas a la evaluación del sonido de los snacks y del grado de aceptabilidad general de los distintos productos. El sonido provocado por los productos proviene de la ruptura de las células (en productos frescos) o por la ruptura de los huecos celulares y la liberación del aire (en productos secos). Esos sonidos son unos parámetros bastante valorados por el mercado en general y que dan una idea de la calidad del alimento.

Respecto a la evaluación del sonido, se pidió a los panelistas que valorasen la *crispness* y la *crackliness* del producto en comparación a tres productos de referencia, proveyéndoles la referencia central (puntuación 3) para orientarlos en sus valoraciones. La *crispness* es la intensidad del sonido que emite un producto al morderse una vez con los incisivos y los labios abiertos, mientras que la *crackliness* es la intensidad del sonido emitido por el producto al masticar el producto entre 3 y 4 veces con los molares, pero sin llegar a molerlo. Ambos sonidos son difíciles de valorar y de interés, debido a que un producto no cruje igual cuando se encuentra seco y completo (*crispness*) que cuando se ha fragmentado y ensalivado (*crackliness*).

*Tabla 11. Evaluación del sonido de los snacks. Se muestran las valoraciones del panel en lo referente a crispness, crackliness y una puntuación general para los snacks elaborados en comparación con la referencia. Las valoraciones van del 1 al 5, siendo para la crispness un 1 baja intensidad (similar a una palomita), un 3 a la pringle y un 5 de alta intensidad (similar al dorito), para la crackliness un 1 baja intensidad (similar a una galleta blanda), un 3 la pringle y un 5 alta intensidad (similar a una galleta dura). La puntuación general va del 1 al 5 en base a lo desagradable o agradable que ha resultado el producto, correspondiéndose un 3 con un producto que no es agradable ni desagradable.*

	Yema	Plasma	Gránulos	Referencia
<b>Crispness</b>	1,9±0,8 <sup>b</sup>	1,7±0,7 <sup>b</sup>	2,9±1,2 <sup>a</sup>	3,0
<b>Crackliness</b>	1,8±0,7 <sup>b</sup>	1,6±0,7 <sup>b</sup>	2,7±0,4 <sup>a</sup>	3,0
<b>Puntuación general</b>	3,0±0,5 <sup>b</sup>	2,3±1,0 <sup>c</sup>	3,9±0,5 <sup>a</sup>	4,6±0,5 <sup>a</sup>

Los valores con el mismo superíndice no difieren significativamente (nivel de confianza: 95%)

Los resultados de la evaluación del sonido se muestran en la Tabla 11. Como se puede observar, parece existir una correlación bastante clara entre el sonido y la composición, pues a mayor sea el contenido lipídico del producto, menor es la *crispness*, la *crackliness* y la puntuación general. La intensidad del sonido de ambos parámetros ha sido valorada en todos los casos con una puntuación inferior a la del producto de referencia (pringle). Además, es la intensidad del crujido la que determina lo agradable o desagradable que es el sonido del producto, siendo el producto que cruje con mayor intensidad el más valorado (la pringle) y el de menor intensidad el que menos (plasma).

Respecto a la evaluación en base al grado de aceptabilidad, se pidió a los panelistas que evaluaran el color, el olor, la dureza y el sabor de cada snack, pidiéndoles que

diesen también dos puntuaciones generales, una teniendo en cuenta el sabor y otra sin tenerlo en cuenta.

*Tabla 12. Resultados de la evaluación general de los snacks. Las puntuaciones van del 1 al 5 en cada apartado en base a lo agradable o desagradable que ha resultado el producto, correspondiéndose un 3 con un producto que no es ni agradable ni desagradable.*

	<b>Yema</b>	<b>Plasma</b>	<b>Gránulos</b>
<b>Color</b>	2,7±0,9 <sup>a</sup>	3,1±1,3 <sup>a</sup>	2,3±0,7 <sup>a</sup>
<b>Sabor</b>	2,2±0,8 <sup>a</sup>	2,7±0,9 <sup>a</sup>	2,6±0,9 <sup>a</sup>
<b>Olor</b>	2,5±0,7 <sup>a</sup>	3,1±0,6 <sup>a</sup>	2,6±0,7 <sup>a</sup>
<b>Dureza</b>	2,7±0,7 <sup>b</sup>	2,4±0,9 <sup>b</sup>	3,6±0,9 <sup>a</sup>
<b>Puntuación general (sin sabor)</b>	3,1±0,9 <sup>a</sup>	2,8±0,9 <sup>a</sup>	3,2±0,9 <sup>a</sup>
<b>Puntuación general (con sabor)</b>	2,5±1,1 <sup>a</sup>	2,6±1,0 <sup>a</sup>	2,8±1,2 <sup>a</sup>

Los valores con el mismo superíndice no difieren significativamente (nivel de confianza: 95%)

Los resultados de la evaluación general del snack se muestran en la Tabla 12. Aunque no existen diferencias significativas y prácticamente todos los parámetros se encuentran cercanos a la neutralidad (ni agradable ni desagradable), los snacks de plasma son los que ostentan la mayor puntuación en cuanto a color, sabor y olor se refiere, mientras que es el snack de gránulos el que presenta la mejor puntuación en dureza. Que las puntuaciones sean cercanas a la neutralidad es algo propio de un producto base, el cual con una ligeras mejoras podría mejorarse de forma notable.

En cuanto a las puntuaciones generales, el tener en cuenta el sabor afecta de forma negativa a las valoraciones, siendo más notable ese efecto en los snacks de yema. Algo interesante es que las puntuaciones sin tener en cuenta el sabor, siguen un orden marcado por la textura (dureza), siendo el más duro el mejor puntuado (gránulos) y el menos duro el peor puntuado (plasma), aunque al tener en cuenta el sabor el producto peor valorado es el de yema.

De forma global se puede concluir que los snacks han sido aceptados por parte del panel, y que con algunas mejoras en la formulación y en el proceso puede llegar a ser un buen producto, pues las valoraciones de los snacks son cercanas a la neutralidad. Hay que tener en cuenta que el producto no contiene ningún tipo de saborizante,

potenciador del sabor ni edulcorante, algo que mejoraría su sabor y con ello las puntuaciones de los distintos productos.

#### 4.3.3.6 Contenido en humedad

Se analizó el contenido en humedad de los snacks y del producto empleado como referencia para evaluar si existe alguna correlación entre la formulación, el contenido de humedad y la puntuación.

*Tabla 13. Contenido en humedad. La última columna se corresponde con la puntuación general proporcionada por el panel al sonido de cada producto en la boca.*

	<b>Humedad (%)</b>	<b>Puntuación sonido</b>
<b>Yema</b>	1,9±0,4	3,0±0,5
<b>Plasma</b>	2,6±0,4	2,3±1,0
<b>Gránulos</b>	1,6±0,1	3,9±0,5
<b>Referencia</b>	3,6±0,3	4,6±0,5

En la Tabla 13 se indican los distintos contenidos en humedad. Como se puede observar, el producto más proteico (los gránulos) tiene una menor retención de agua respecto al resto. Por lo que cuanto a mayor sea el contenido proteico, menor es la retención de agua. Si se intenta relacionar el contenido en humedad con la puntuación general del sonido, se observa que existe una relación entre los productos, pues a mayor sea el contenido en humedad, peor valorado es el sonido. Por lo que a mayor sea el contenido proteico, menor es la retención de agua y más intenso y agradable es el sonido percibido.

#### **4.3.4 Usos y aplicaciones de los recipientes comestibles**

La formulación empleada para la elaboración de los recipientes comestibles y los snacks puede dar lugar a una gran variedad de productos con distintos usos en el sector de la restauración.

Uno de los primeros productos es la elaboración de recipientes comestibles para contener alimentos o platos fríos como por ejemplo un gazpacho o para contener platos calientes como lentejas o una sopa, aunque en este caso el recipiente dejaría de ser comestible debido a la gomosidad que adquiere la estructura, a excepción que lo que contenga tenga un contenido acuoso reducido. Como ejemplos de uso o de consumo, aparte de la ingesta del propio recipiente vacío, se presentan en la Figura 25 fotografías de recipientes adicionándose a su formulación un 0.25% p/p de vainilla y un 0.75% p/p de orégano, o conteniendo en su interior productos como yogur, tomate frito o chocolate deshecho sin leche. Hay que indicar que los recipientes que contienen

yogur y tomate frito se ablandan con el paso del tiempo, aunque tardan más de 15 minutos en alcanzar un estado en que no puedan ingerirse.



*Figura 25. Aplicaciones de los snacks y recipientes comestibles. De izquierda a derecha se observa un recipiente elaborado con vainilla (0.25% p/p), orégano (0.75% p/p), conteniendo yogur, chocolate o tomate frito.*

Otro ejemplo de producto es la elaboración de snacks similares a las patatas fritas de bolsa, teniendo solo que especiarlas con orégano u otras especias, o incluso ingerirlas sin más. Para este fin se emplea la misma formulación aunque cambiando el proceso de elaboración, teniendo el producto las ventajas de ser crujiente, nutritivo, tener un sabor, olor y color agradables y de no reblandecerse con el paso del tiempo. Además su bajo contenido en agua (menor al 3%), hace que el producto tenga una larga duración.

Aparte de tener un uso comercial, los snacks y los recipientes comestibles, al igual que las gelatinas, pueden ser empleados por cocineros para la elaboración de platos de alta cocina (Figura 26).



*Figura 26. Tartaleta de champiñones con albahaca empleando un recipiente.*

Otro tipo de productos serían la elaboración de postres dulces o de alimentos para ingerir entre horas o para su uso en restauración o por la alta cocina, debido a que estos productos tienen un bajo contenido calórico respecto a otros productos similares del mercado.

Como los ejemplos que se han visto podrían mencionarse muchos más, ya que la formulación empleada puede reemplazar a la harina en algunos productos en los que se incorpora, pudiendo producir productos similares sin gluten y de bajo contenido calórico.

#### **4.4 Elaboración de productos cosméticos**

Como punto de partida para la elaboración de una crema cosmética, se comenzó a trabajar con la formulación obtenida por Laca et al. (18). Esta formulación contiene diversos compuestos de uso cosmético: aceite de vaselina, aceite de germen de trigo, lanolina, ácido esteárico, alcohol cetílico, plasma, agua destilada, 1,2-Propanodiol y carboximetilcelulosa.

En base a las propiedades y características nombradas anteriormente (apartado 2.3), se retirarán de la formulación diversos compuestos con el objetivo de incrementar la presencia del huevo en la crema y estudiar los posibles efectos hidratantes que pueda aportar el plasma. Los compuestos eliminados son el aceite de vaselina, la lanolina y el ácido esteárico, incrementándose por su eliminación las proporciones de aceite de germen de trigo, de plasma y de alcohol cetílico, mostrándose la formulación final en la Tabla 14.

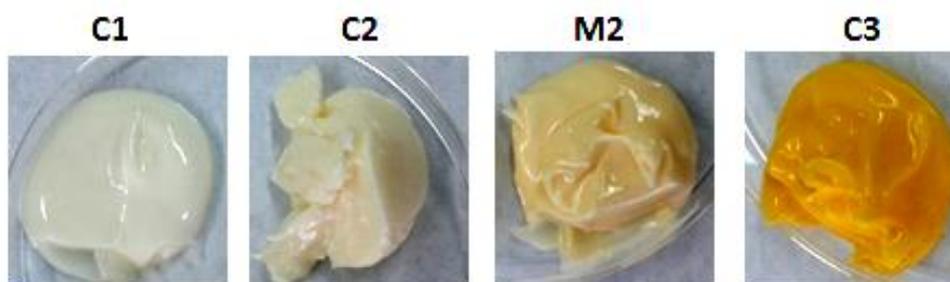
*Tabla 14. Formulación mejorada de la crema base. Los compuestos de la fase grasa aparecen con un fondo gris claro y los de la acuosa en un gris oscuro. Todos los reactivos han sido añadidos con una relación peso/peso.*

	<b>Proporción</b>
<b>Aceite de germen de trigo</b>	6%
<b>Plasma</b>	10%
<b>Alcohol cetílico</b>	8%
<b>Agua</b>	71,5%
<b>1,2-Propanodiol</b>	8%
<b>Carboximetilcelulosa</b>	0.5%

Se escoge esta variación en las proporciones y los reactivos respecto a la crema control, debido diversos motivos. La vaselina y la lanolina se adicionan principalmente por su efecto sinérgico con el alcohol cetílico y también por sus efectos beneficiosos sobre la piel, efectos que se consideras innecesarios para el fin propuesto. En cuanto al ácido esteárico, este compuesto proporciona a la crema de un efecto perlado y también posee efectos beneficiosos sobre la piel, siendo efectos también innecesarios.

Tras la eliminación de los compuestos anteriores y con el objetivo de compensar las proporciones en la fase grasa, se incrementa cinco veces la proporción de plasma (reactivo con supuestas propiedades hidratantes), tres veces la de aceite de germen de trigo (por su propiedad antioxidante) y dos veces la de alcohol cetílico (para aumentar la viscosidad y para compensar la eliminación de la vaselina y la lanolina (compuestos que incrementan su absorción de agua)). La crema resultante tiene un color más intenso y es menos consistente, aunque tiene una viscosidad suficiente para no comportarse como un fluido. La fase acuosa se mantiene con los mismos compuestos y proporciones que tienen en la crema control, no cambiándose el 1,2-Propanodiol por sus efectos antibacterianos y antifúngicos, y no eliminándose la carboximetilcelulosa por sus posibles efectos sobre las propiedades físicas del producto. Tanto el aceite de germen de trigo como el 1,2-Propanodiol se mantienen para evitar o reducir los daños oxidativos y microbianos al producto.

La crema elaborada con la composición anterior se mantiene estable (no se separan las fases emulsionadas), no exuda agua y mejora ligeramente sus propiedades físicas tras 1 día de almacenamiento, manteniéndose estable durante más de dos semanas. Otras pruebas, sin alcohol cetílico o con un 2%, se mantienen líquidas y en la que no se adicionó alcohol cetílico, se produce la separación de las fases. Para la caracterización se emplearan las cremas desarrolladas por Laca et al. (18), incluyéndose para la realización de la evaluación sensorial una crema idéntica a la C1, pero coloreada con el objetivo de evaluar la fiabilidad del panel (Figura 27).



*Figura 27. Cremas base desarrolladas y analizadas. C1 es la crema control sin plasma, C2 es la crema control con plasma, M2 es la crema desarrollada en este proyecto y C3 es la crema C1 con colorante.*

#### 4.4.1 Caracterización de la crema cosmética

Para la caracterización de la crema elaborada se hicieron uso de distintas pruebas, entre las que se encuentran las de reología, texturometría, colorimetría y los paneles de cata.

#### 4.4.1.1 Reología

Para la caracterización mediante esta técnica se ha hecho uso de un ensayo de rampa de tiempo, en el cual se han mantenido constantes la temperatura y la fuerza de giro para simular su extensión sobre la piel.

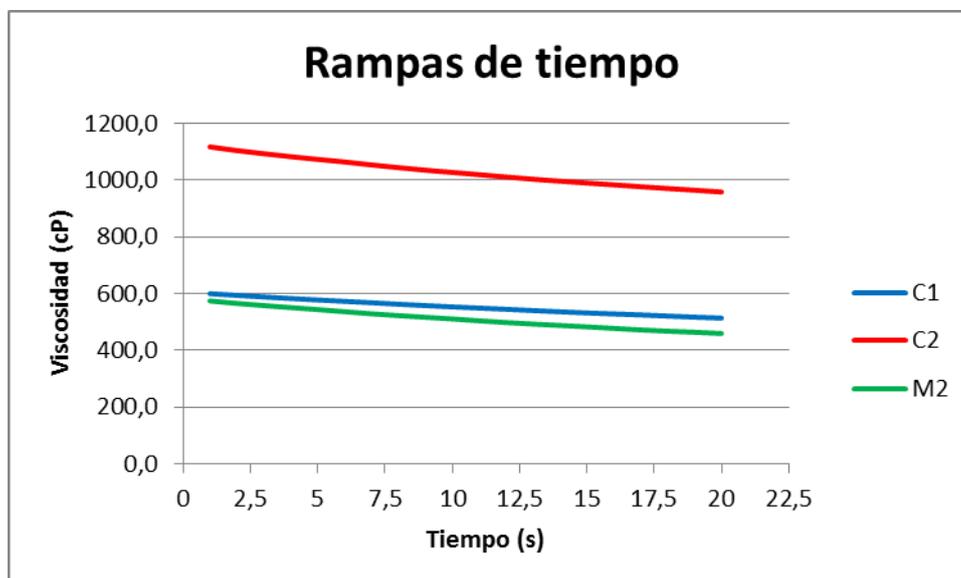


Figura 28. Resultados del reómetro. C1 es la muestra control sin plasma, C2 es una muestra control con un 2% de plasma y M2 es la crema control modificada. Ensayo realizado manteniendo la muestra a 35°C durante 15 minutos y realizando un barrido durante 20 segundos a una velocidad de deformación constante de  $150 \text{ s}^{-1}$  y a una temperatura 35°C.

Los resultados de reología (Figura 28) muestran como la viscosidad de la muestra C2 es notablemente más elevada respecto a las otras muestras, lo cual indica que la muestra C2 es la más difícil de extender. Respecto a las otras, C1 y M2 son bastante parecidas en lo que a viscosidad se refiere, aunque la M2 tiene un valor ligeramente menor. Por ello, la muestra M2 es más fácil de extender que las muestras control, lo cual indica que la eliminación de algunos componentes y el incremento significativo en la proporción de huevo no ha empeorado la untabilidad de la crema.

#### 4.4.1.2 Texturometría

Tal y como se puede observar en la Tabla 15, la crema C2 es la que presenta la mayor resistencia a la deformación, la que precisa de un mayor trabajo para untarse, la que presenta una mayor pegajosidad y la que requiere de un mayor esfuerzo para la separación de la sonda. La crema M2, en este ensayo, presenta unos valores ligeramente superiores a los de la C1.

Tabla 15. Resultados de texturometría de las cremas.

	Dureza (g)	Trabajo de cizalla (g/s)	Pegajosidad (g)	Trabajo de adhesión (g/s)
<b>C1</b>	72±7	66±13	-57±5	-30±3
<b>C2</b>	325±25	453±28	-222±33	-105±22
<b>M2</b>	109±2	113±3	-94±2	-38±1

Los resultados anteriores coinciden en parte con los resultados del reómetro. Por un lado, la crema C2 es la que necesita de un mayor esfuerzo para untarla. Por otro lado, según los resultados del texturómetro, la crema M2 necesita de un esfuerzo ligeramente superior para su aplicación respecto a la crema C1, mientras que los resultados del reómetro indican que se necesita prácticamente el mismo esfuerzo para la extensión de ambas. La diferencia entre los resultados del reómetro y del texturómetro puede encontrarse en la etapa de atemperado, pues las cremas en el reómetro se llevaban a 35°C y se mantenían a esa temperatura durante 15 minutos, algo que no ocurría con las cremas que iban a ser ensayadas en el texturómetro. Por lo que es probable que ese atemperado haya afectado a las propiedades de las cremas C1 y M2.

#### 4.4.1.3 Colorimetría

Los resultados (Tabla 16) muestran como la muestra C3 es la más anaranjada por tener los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  de mayor valor, lo cual se debe a que contiene  $\beta$ -caroteno. La muestra M2 es la siguiente más anaranjada, debiéndose al 10% de plasma que contiene. La muestra C1, que no contiene plasma, es la que tiene los valores más bajos, algo esperable por tener un color cercano al color blanco.

*Tabla 16. Resultados de colorimetría de las cremas. Se muestran los valores promediados de los parámetros  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (posición rojo-verde) y  $b^*$  (posición amarillo-azul). Aparte de las muestras control 1 y 2, y de la crema modificada, también se analizó la crema trampa que se empleó para la evaluación sensorial.*

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>C1</b>	86,5±0,4	-2,2±0,04	9,4±0,4
<b>C2</b>	84,4±1,2	1,3±0,1	15,0±1,3
<b>C3</b>	76,0±0,8	13,3±0,3	59,2±1,7
<b>M2</b>	84,3±1,2	4,9±0,8	18,6±2,4

#### 4.4.1.4 Evaluación sensorial

Para la evaluación de las cremas C1, C2, M2 y C3 se realizó una evaluación sensorial. En las fases previas, frotado y post-frotado se indicó a las panelistas que debían puntuar con 2.5 en cada atributo que considerasen ideal en una crema, puntuando por encima o por debajo a más se alejase de lo que cada panelista considerase ideal. En la parte general, se pidió que puntuasen de 1 a 5 puntos en base a lo desagradable o agradable que fuese, correspondiéndose el 3 con un producto ni agradable ni desagradable. Los resultados se muestran en la Tabla 17.

*Tabla 17. Resultados de la evaluación sensorial de las cremas. Se muestran los datos promediados acompañados por la desviación estándar para la fase previa, frotado y post-frotado y general para la crema control 1, control 2, modificada y la crema trampa. Además, también aparecen unas letras que indican que resultados difieren significativamente del resto en cada apartado.*

PREVIAS											
FIRMEZA				PEGAJOSIDAD							
C1	C2	M2	C3	C1	C2	M2	C3				
2,9±0,6 <sup>a</sup>	2,50±1,2 <sup>a</sup>	2,5±0,4 <sup>a</sup>	2,8±0,5 <sup>a</sup>	2,9±1 <sup>a</sup>	2,4±0,8 <sup>a</sup>	2,9±1 <sup>a</sup>	2,9±0,9 <sup>a</sup>				
FROTADO											
HUMECTABILIDAD				UNTABILIDAD				GROSOR			
C1	C2	M2	C3	C1	C2	M2	C3	C1	C2	M2	C3
2,6±0,3 <sup>a</sup>	2,0±0,7 <sup>a</sup>	2,5±0,4 <sup>a</sup>	2,4±1 <sup>a</sup>	2,2±0,4 <sup>a</sup>	1,8±0,7 <sup>a</sup>	2,4±0,3 <sup>a</sup>	2,3±1,0 <sup>a</sup>	2,4±0,9 <sup>a</sup>	2,4±0,9 <sup>a</sup>	2,4±0,6 <sup>a</sup>	2,8±0,8 <sup>a</sup>
POST-FROTADO											
BRILLO				RESBALOSIDAD				CANTIDAD DE RESIDUO			
C1	C2	M2	C3	C1	C2	M2	C3	C1	C2	M2	C3
2,7±0,6 <sup>a</sup>	2,2±0,8 <sup>a</sup>	2,0±0,5 <sup>a</sup>	2,5±0,8 <sup>a</sup>	2,5±0,6 <sup>a</sup>	2,1±0,4 <sup>a</sup>	2,1±0,7 <sup>a</sup>	2,6±0,4 <sup>a</sup>	2,6±0,3 <sup>a</sup>	2,2±0,6 <sup>a</sup>	2,6±0,9 <sup>a</sup>	2,7±1,2 <sup>a</sup>
GENERAL											
COLOR				AROMA				PUNTUACIÓN GENERAL			
C1	C2	M2	C3	C1	C2	M2	C3	C1	C2	M2	C3
4,4±0,8 <sup>a</sup>	3,1±1,2 <sup>b</sup>	3,2±1,1 <sup>b</sup>	1,1±0,4 <sup>c</sup>	3±0,6 <sup>a</sup>	2,7±0,8 <sup>a</sup>	3,0±0,0 <sup>a</sup>	2,7±0,5 <sup>a</sup>	4,2±0,3 <sup>a</sup>	2,5±1,1 <sup>b</sup>	3,6±1,0 <sup>a</sup>	2,0±0,7 <sup>b</sup>

Los valores con el mismo superíndice no difieren significativamente (nivel de confianza: 95%)

Del análisis de los resultados se obtiene que el color tiene un impacto bastante relevante en el subconsciente, pues la crema C1 y la C3 no se diferencian significativamente en ninguno de los atributos, salvo el color, el cual ha provocado que la puntuación general de una crema diste dos puntos de la otra.

En general, los resultados de las cuatro cremas evaluadas no difieren significativamente ni en los atributos ni en las valoraciones dadas por el panel, a excepción de los apartados de color y puntuación general. Si se analizan los resultados de estas cremas en lo referente a dichos apartados, campos en los que existen diferencias significativas, se observa que la crema C1 en color obtiene una puntuación de 4.4 puntos, mientras que la C3 obtiene un 1.1, habiendo puntuado el 100% de los panelistas ese color con una puntuación igual o inferior a 2. En base a las puntuaciones en el color y a que en el resto de parámetros no se han encontrado diferencias significativas entre las diferentes cremas, se puede concluir que el panel se ha dejado influir por el color del producto en sus valoraciones. Las puntuaciones generales dadas a cada una de las cremas las dividen en dos grupos en base a la significancia estadística, estando en uno la crema control sin plasma y la crema realizada en este proyecto (con 10% de plasma), y en otro la crema control con un 2% plasma y la crema control sin plasma con colorante. Este dato revela que la crema desarrollada ha sido aceptada por el panel, aunque es posible que si fuese blanca hubiese tenido un mayor grado de aceptación.

Realizando un análisis de los datos recogidos durante la prueba, se puede observar como las cremas parecen seguir un orden marcado por la puntuación general. En la mayoría de los campos analizados, pese a no existir diferencias estadísticamente significativas, la mejor crema, por tener una puntuación más cercana en promedio, por haber sido puntuada un mayor número de veces con 2.5 (puntuación de crema ideal) o ambas a la vez, es la crema C1, seguida muy de cerca por M2, luego C2 y finalmente C3, aunque hay que recordar que las diferentes puntuaciones no difieren de forma significativa. Lo anterior indica que la crema M2, la realizada en este proyecto, es una crema con unas propiedades cercanas a las de una crema ideal, debiéndose las desviaciones probablemente al color que presenta, pues como se ha visto con la crema C3, el color en estos productos tiene un efecto en el subconsciente que debe tenerse en consideración. En cuanto al aroma, todas las cremas se encuentran en el 3 o cercanas a este valor, lo cual es lógico, pues no se ha adicionado ningún tipo de aromatizante.

Aparte de la evaluación de las cremas en general, se pidió a las panelistas que eligiesen de entre las cuatro cremas la que creyesen que era una crema base comercial, indicando el 85.7% que era la C1. Estas panelistas acertaron y puntuaron dicha crema con una puntuación más elevada respecto al resto.

#### 4.4.1.5 Recuento de mesófilos totales

Tras la realización de la siembra y un tiempo a incubación de 5 días a 30°C, no se han contabilizado bacterias en ninguna de las diluciones realizadas y en ninguna de las muestras analizadas (C1, C2 y M2). Por lo que el número de bacterias se encuentra por debajo del límite de detección de la técnica (<10 ufc/g).

## **5. Balance económico**

Las gelatinas y los snacks desarrollados forman parte de un grupo de productos caracterizados por ser nuevos en el mercado, no existiendo ningún tipo de producto elaborado con huevo similar a estos. Algo importante antes de desarrollar un nuevo producto a escala industrial es valorar si su desarrollo es económicamente viable, siendo este el objetivo del presente apartado. Únicamente se mostrará el resumen y se discutirán los resultados, aportándose el balance con gran grado de detalle en el Anexo 2.

### 5.1 Resumen del balance económico

*Tabla 18. Tabla resumen del balance económico. En la primera parte de la tabla se muestran los costes y el número de huevos necesarios para obtener 100kg yema, gránulos o plasma liofilizando y fresco, indicándose también el extracto seco. En la segunda parte se muestran los costes para la obtención de un kilogramo de producto para la yema, el plasma o los gránulos liofilizados y fresco, partiendo de 100kg de cada una de las materias primas.*

<b>Materia prima</b>				
<b>100kg</b>		Yema	Plasma	Gránulos
Coste material liofilizado		1475€	2184€	1171€
Número de huevos		18144	25576	62583
Coste material fresco		300€	131€	189€
Número de huevos		7954	3971	23692
Extracto seco		44%	15%	38%
<b>Productos</b>				
<b>1kg</b>		Yema	Plasma	Gránulos
Coste Gelatinas	Material liofilizado	0,80€	1,12€	0,67€
	Material fresco	0,49€	0,72€	0,42€
Coste Snacks	Material liofilizado	11,93€	14,14€	10,91€
	Material fresco	8,98€	10,85€	8,52€

En la Tabla 18 se recogen todos los costes estimados para la yema y sus fracciones liofilizadas y en fresco (por cada 100kg) y el de los productos elaborados con el material liofilizado o en fresco (el coste de 1kg de producto partiendo de 100kg de materia prima). En cuanto a la materia prima, si se liofiliza el material, los gránulos son los más económicos, debido principalmente al ahorro energético (se liofiliza un menor tiempo que el plasma) y a que también se obtiene plasma, al cual se le imputa el 80.4% del coste total del proceso. Si no se realiza la liofilización, la materia prima más económica es el plasma mientras que la yema tiene un mayor coste, lo cual se debe a que para la obtención del plasma y los gránulos, la yema se diluye, lo que aumenta la cantidad de plasma y de gránulos obtenida, y con ello se produce una mayor cantidad al mismo coste. Desde el punto de vista industrial hay algo que debe destacarse y es

la drástica reducción de los costes cuando no se liofiliza (el coste del plasma se reduce entre 16 y 17 veces). Por lo que una industria podría fabricar sus productos con la materia prima en fresco (empleándola de forma inmediata o pasteurizándola y pudiéndola almacenar durante 3 o 4 días) y tener un sistema de liofilización o de secadero por spray en activo para mantener un stock de seguridad y absorber los excedentes de materia prima. Un posible ejemplo de empleo del sistema de fraccionamiento de la yema y para el desarrollo de los productos, podría ser la separación de la yema en gránulos y snacks (manteniendo los materiales frescos), obteniendo 100kg de gránulos que se convertirían en snacks y empleando el plasma que se obtiene en el proceso para la elaboración de gelatinas, que aunque son ligeramente más caras, solo incrementan 4 céntimos el coste del producto respecto al coste de las gelatinas de gránulos.

En cuanto al número de huevos necesarios, puede llamar la atención que los gránulos sean la fracción liofilizada más económica, cuando que para la obtención de los gránulos se requieran de 62583 huevos, 44439 más huevos que para obtener 100kg de yema. Esta diferencia se debe principalmente a que además de los 100kg de gránulos liofilizados, se obtiene plasma, al cual se le imputa un 80.4% del coste de la materia prima y de la energía, mientras que a los gránulos se le imputa el coste restante. Esto se hace de esta manera porque el plasma representa el 80,4% del material obtenido y además porque ese plasma se puede emplear para la obtención de otros productos, aunque en los cálculos esa parte no se haya tenido en cuenta para la simplificación de los mismos.

En cuanto a los productos, tanto en las gelatinas como en los snacks con material liofilizado y fresco, los más rentables económicamente hablando son los elaborados con gránulos. Que los productos de plasma sufran una menor reducción en los costes al pasar de liofilizar a no liofilizar, se debe a que el extracto seco del plasma es el más reducido (en torno al 15%), lo cual provoca que se tenga que emplear una mayor cantidad de plasma fresco para conseguir una misma cantidad de producto con respecto a los gránulos o la yema.

Respecto al balance expuesto en este apartado, tener en cuenta que se compone de estimaciones orientativas del coste, debido a que parte de datos de laboratorio con pérdidas de material que a escala industrial no se tendrían y de que no se ha tenido en cuenta las amortizaciones, las cuales incrementarían el precio entre un 5 y un 20%, dependiendo de la producción y de la maquinaria.

## **6. Conclusiones**

1. La yema de huevo y sus fracciones han demostrado ser un componente de gran versatilidad en el desarrollo de nuevos productos en diferentes sectores industriales.
2. La inclusión de yema o sus fracciones en una formulación compuesta por agua y carragenato permite obtener gelatinas base con unas propiedades físicas adecuadas y un bajo contenido energético. Siendo la gelatina elaborada con plasma la mejor valorada desde un punto de vista organoléptico.
3. La yema de huevo y sus fracciones han demostrado ser un ingrediente imprescindible para el desarrollo de snacks y recipientes comestibles con unas características adecuadas. El snack de gránulos ha resultado ser el mejor valorado por el panel de cata, siendo la dureza uno de los atributos mejor valorados.
4. Debe optimizarse la formulación y el proceso de fabricación de los recubrimientos alimentarios. Aunque debe continuarse realizando pruebas con estos recubrimientos a fin de obtener resultados concluyentes, es importante destacar que presentan interesantes características como la protección de la pieza de pescado frente a la desecación y la pérdida de los aromas.
5. Se ha desarrollado una crema cosmética base con un elevado contenido en plasma, con buenas propiedades técnicas (estabilidad, facilidad en la aplicación) y con un buen grado de aceptación por parte de los panelistas.
6. Todos los productos desarrollados resultan viables a escala industrial, tanto desde un punto de vista técnico como económico.

## Abreviaturas y símbolos

TBR	Tecnología de Bioprocesos y Reactores
SEM	Microscopía Electrónica de Barrido
IgE	Inmunoglobulina E
AG	Ácido Graso
CDR	Cantidad Diaria Recomendada
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
HDL	Lipoproteínas de alta densidad
CS	Esfuerzo controlado
CR	Velocidad controlada
C1	Crema control 1
C2	Crema control 2
M2	Crema modificada
C3	Crema control 1 coloreada
ANOVA	Análisis de la varianza
p/p	Relación peso/peso
v/v	Relación volumen/volumen
G'	Módulo elástico
G''	Módulo viscoso
rpm	Revoluciones por minuto
ufc	Unidades formadoras de colonias

## **7. Bibliografía y webgrafía**

## 7.1. Bibliografía

- 1.Samaraweera, H., Zhang, W. G., Lee, E. J. y Ahn, D. U. Egg Yolk Phosvitin and Functional Phosphopeptides. *Journal of Food Science* 76:143-150 (2011).
- 2.Laca, A., Paredes, B. y Díaz, M. A method of egg yolk fractionation. Characterization of fractions. *Food Hydrocolloids* 24:434-443 (2010).
- 3.Anton, M. Egg yolk: structures, functionalities and processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93: 2871-2880 (2013).
- 4.Pang, Z., Deeth, H., Sopade, P., Sharma, R. y Bansal, N. Rheology, texture and microstructure of gelatin gels with and without milk proteins. *Food Hydrocolloids* 35: 484-493 (2014).
- 5.Hu, F. B., Stampfer, M. J. y Rimm, E. B. A Prospective Study of Egg Consumption and Risk of Cardiovascular Disease in Men and Women. *The Journal of the American Medical Association* 281:1387-1394 (1999).
- 6.Leite, T. D., Nicoleti, J. F., Penna, A. L. B. y Franco, C. M. L. Effect of addition of different hydrocolloids on pasting, thermal, and rheological properties of cassave starch. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 32:579-587 (2012).
- 7.Marín, P., Laca, A., Paredes, B. Alimentos de estructura compleja. Metodología de Experimentación en Alimentación. Máster en Biotecnología Alimentaria. Universidad de Oviedo (2014).
- 8.Anton, M., Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Schede, R. Bioactive Eggs Compounds. Ed. Springer Cost. Capítulo 1: 1-6 (2007).
- 9.Carrero, J. J., Martín-Bautista, E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J. J. y López-Huertas, E. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria* XX:63-69 (2005).
- 10.Morés, M. P., y Treviño, J. V. Implementación de una metodología para la determinación de propiedades reológicas. Escuela universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza (2010).
- 11.Strixner, T., Sterr, J., Kulozik, U. y Gebhardt, R. Structural study of hen-egg yolk high density lipoprotein (HDL) granules. *Food Biophysics* 9:314-321 (2014).
- 12.Sirvente, H., Beaumal, V., Gaillard, C., Bialek, L., Hamm, D. y Anton, M. Structuring and functionalization of dispersions containing egg yolk, plasma and granules induce by mechanical treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:9537-9544 (2007).
- 13.Freschi, J., Razafindralambo, H., Danthine, S. y Blecker, C. Effect of ageing on different egg yolk fractions on Surface properties at the air-water interface. *International Journal of Food Science and Technology* 46:1716-1723 (2011).

14. Goldsmith, L., Katz, S., Gilchrist, B., Paller, A., Leffell, D. y Wolff, K. Fitzpatrick. Dermatología en medicina general. Segundo tomo, capítulo 251 y sección 41 (2014).
15. Murota, H., Itoi, S., Terao, M., Matsui, S., Kawai, H., Satou, Y., Suda, K. y Katayama, I. Topical cholesterol treatment ameliorates hapten-evoked cutaneous hypersensitivity by sustaining expression of 11 $\beta$ -HSD1 in epidermis. *Experimental Dermatology* 23:58-77 (2014).
16. Kiosseoglou, V. y Paraskevopoulou, A. Molecular interactions in gels prepared with egg yolk and its fractions. *Food Hydrocolloids* 19:527-532 (2005).
17. Latorre, M. A. Evolución de la calidad bioquímica, física, microbiológica y sensorial del salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) congelado (-18°C) HG, alimentado con dietas adicionadas de  $\alpha$ -tocoferol y extracto de romero durante la etapa de engorde. Universidad de Chile.
18. Laca, A., Paredes, B. y Díaz, M. Lipid-enriched egg yolk fraction as ingredient in cosmetic emulsions. *Journal of Texture Studies* 43: 12-28 (2012).
19. Hatta, H., Kapoor, M. P. y Juneja, M. J. Bioactive component in egg yolk perteneciente a Egg Bioscience and Biotechnology. John Wiley & Sons, inc. Capítulo 5: 185-238 (2008).
20. Cabrera, H. M., Pérez, S.J., Rodríguez, M. A., Conde, J. E. y Pérez, J. P. Determinación de las coordenadas CIELab y otros parámetros influyentes en el color en vinos tintos de las Islas Canarias. Jornadas técnicas vinícolas canarias, IV edición.
21. Roy Choudhury, A. K. Principles of Colour and Appearance Measurement: Volume 2: Visual Measurement of Colour, Colour Comparison and Management. Woodhead Publishing Series in Textiles (2014).
22. Gennadios, A., Hanna, M. A. y Kurth, L. B. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A Review. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 30: 337-350 (1997).
23. Rodríguez, L. Evaluación de recubrimientos comestibles proteicos aplicados al salmón del Atlántico (*Salmo salar*) congelado: estudio de diferentes formulaciones y tratamientos tecnológicos. Universidad de Santiago de Compostela (2011).
24. García, G. Texturometría instrumental: puesta a punto y aplicación a la tecnología de alimentos. Universidad de Oviedo (2012).
25. Laca, A., Paredes, B., Rendueles, M. y Díaz, M. Egg yolk plasma: Separation, characteristics and future prospects. *Food Science and Technology* 62:7-10 (2015).
26. McCarty, C. A., McCarty, D. J. y Wetter, A. C. Calories from newspaper dessert recipes are associated with community obesity rates. *Wisconsin Medical Journal* 106: 68-70 (2007).

## 7.2. Webgrafía

- I. <http://agrinews.es/2013/12/16/consumo-alimentario-de-huevos-2012/> (consultada en diciembre del 2014)
- II. [http://www.inprovo.com/sector\\_economico\\_produccion.asp](http://www.inprovo.com/sector_economico_produccion.asp) (consultada en diciembre del 2014)
- III. <http://www.iffco.net/es/system/files/DPSP4.pdf> (consultada en diciembre del 2014)
- IV. <http://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/documents/LuteinayZeaxanthina.pdf> (consultada en diciembre del 2014)
- V. [http://www.huevo.org.es/el\\_huevo\\_formacion.asp](http://www.huevo.org.es/el_huevo_formacion.asp) (consultada en diciembre del 2014)
- VI. [http://www.huevo.org.es/images/archivos/el\\_gran\\_libro\\_del\\_huevo.pdf](http://www.huevo.org.es/images/archivos/el_gran_libro_del_huevo.pdf) (consultada en diciembre del 2014)
- VII. [http://www.institutohuevo.com/images/archivos/composicion\\_yema\\_y\\_clara\\_de\\_huevo.pdf](http://www.institutohuevo.com/images/archivos/composicion_yema_y_clara_de_huevo.pdf) (consultada en diciembre del 2014)
- VIII. [http://www.huevo.org.es/huevo\\_salud\\_mito\\_colesterol.asp](http://www.huevo.org.es/huevo_salud_mito_colesterol.asp) (consultada en diciembre del 2014)
- IX. <http://www.metabolismo.biz/web/4-sintesis-de-colesterol-2/> (consultada en diciembre del 2014)
- X. <http://foro.univision.com/t5/Recetas-Mexicanas/TIPOS-DE-HUEVOS-SEGUN-EL-AVE/td-p/274058459> (consultada en diciembre del 2014)
- XI. <http://www.rigaku.com/es/products/xrd/ultima/app006?language=es> (consultada en diciembre del 2014)
- XII. [http://www.institutohuevo.com/images/archivos/art.\\_alergia\\_al\\_huevo\\_13130249.pdf](http://www.institutohuevo.com/images/archivos/art._alergia_al_huevo_13130249.pdf) (consultada en diciembre del 2014)
- XIII. [http://www.huevo.org.es/images/archivos/aspectos\\_practicos\\_alergia.pdf](http://www.huevo.org.es/images/archivos/aspectos_practicos_alergia.pdf) (consultada en diciembre del 2014)
- XIV. <http://www.ehu.es/biomoleculas/agua/disoluciones.htm#c1> (consultada en diciembre del 2014)
- XV. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/29151.pdf> (consultada en diciembre del 2014)
- XVI. [http://arysaargentina.com.ar/wp-content/uploads/ficha\\_tecnica\\_carragenato\\_GPI200\\_BGS.pdf](http://arysaargentina.com.ar/wp-content/uploads/ficha_tecnica_carragenato_GPI200_BGS.pdf) (consultada en diciembre del 2014)
- XVII. [http://www.stepitn.eu/wp-content/uploads/2010/06/pm18\\_Unilever\\_Mitchell\\_1.pdf](http://www.stepitn.eu/wp-content/uploads/2010/06/pm18_Unilever_Mitchell_1.pdf) (consultada en diciembre del 2014).
- XVIII. [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201005/modulo/Modulo\\_fenomenos/leccin\\_no\\_16\\_generalidades\\_de\\_transferencia\\_de\\_fluidos\\_y\\_transferencia\\_de\\_calor.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201005/modulo/Modulo_fenomenos/leccin_no_16_generalidades_de_transferencia_de_fluidos_y_transferencia_de_calor.html) (consultada en diciembre del 2014).

- XIX. [http://www.directindustry.es/prod/thermo-scientific-scientific-instruments-and-aut/viscosimetros-rotativos-7217-1043123.html#product-item\\_797295](http://www.directindustry.es/prod/thermo-scientific-scientific-instruments-and-aut/viscosimetros-rotativos-7217-1043123.html#product-item_797295) (consultada en diciembre del 2014).
- XX. <http://www.patologiasconstruccion.net/2012/12/la-microscopia-electronica-de-barrido-sem-i-concepto-y-usos/> (consultada en diciembre del 2014).
- XXI. <http://www.stablemicrosystems.com/frameset.htm?http://www.stablemicrosystems.com/TAXTplus.htm> (consultada en diciembre del 2014).
- XXII. [http://www.classofoods.com/page1\\_9.html](http://www.classofoods.com/page1_9.html) (consultada en diciembre del 2014)
- XXIII. <http://docencia.izt.uam.mx/epa/archivos/quimalim/carragenina.pdf> (consultada en diciembre del 2014).
- XXIV. <http://www.molecularrecipes.com/hydrocolloid-guide/carrageenan/> (consultada en diciembre del 2014).
- XXV. [http://arysaargentina.com.ar/wp-content/uploads/ficha\\_tecnica\\_carragenato\\_GPI200\\_BGS.pdf](http://arysaargentina.com.ar/wp-content/uploads/ficha_tecnica_carragenato_GPI200_BGS.pdf) (consultada en diciembre del 2014).
- XXVI. [http://www.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/enfermedades/cardiovasculares/alim\\_gras\\_interaccion.htm](http://www.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/enfermedades/cardiovasculares/alim_gras_interaccion.htm) (consultada en diciembre del 2014).
- XXVII. <http://www.eufic.org/article/es/rid/health-effects-unsaturated-fatty-acids-Summary/> (consultada en diciembre del 2014).
- XXVIII. [http://www.huevo.org.es/images/archivos/boletin\\_24\\_2013\\_el\\_huevo\\_y\\_sus\\_propiedades\\_tecnofuncionales.pdf](http://www.huevo.org.es/images/archivos/boletin_24_2013_el_huevo_y_sus_propiedades_tecnofuncionales.pdf) (consultada en diciembre del 2014).
- XXIX. [http://www.gelatin-gmia.com/images/GMIA\\_Official\\_Methods\\_of\\_Gelatin\\_Revised\\_2013.pdf](http://www.gelatin-gmia.com/images/GMIA_Official_Methods_of_Gelatin_Revised_2013.pdf) (consultada en enero del 2015).
- XXX. [http://www.brenntag.ru/en/downloads/Food/TB\\_Hydrocolloids\\_FNFN201009.pdf](http://www.brenntag.ru/en/downloads/Food/TB_Hydrocolloids_FNFN201009.pdf) (consultada en enero del 2015).
- XXXI. [http://www.brenntag.ru/en/downloads/Food/TB\\_Hydrocolloids\\_FNFN201009.pdf](http://www.brenntag.ru/en/downloads/Food/TB_Hydrocolloids_FNFN201009.pdf) (consultada en enero del 2015).
- XXXII. [http://www.classofoods.com/page1\\_9.html](http://www.classofoods.com/page1_9.html) (consultada en enero del 2015).
- XXXIII. <http://www.skintherapyletter.com/2001/6.13/2.html> (consultada en enero del 2015).
- XXXIV. <http://www.photonics.com/EDU/Handbook.aspx?AID=25124> (consultada en marzo del 2015).
- XXXV. <http://www.teica.es/index.php/servicios/panel-de-catas-sensorial> (consultada en marzo del 2015).
- XXXVI. [http://www.unirioja.es/cu/fede/color\\_de\\_vino/capitulo04.pdf](http://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo04.pdf) (consultada en marzo del 2015).

XXXVII.<http://www.ub.edu/pa1/node/57> (consultada en marzo del 2015).

XXXVIII.[http://www.fao.org/uploads/media/FAO\\_2003\\_Food\\_Energy\\_02.pdf](http://www.fao.org/uploads/media/FAO_2003_Food_Energy_02.pdf) (consultada en marzo del 2015).

XXXIX.[http://www.uclm.es/grupo/gao/aovc-upv-ehu/Tema4/Panel\\_cata\\_elemento\\_esencial.pdf](http://www.uclm.es/grupo/gao/aovc-upv-ehu/Tema4/Panel_cata_elemento_esencial.pdf) (consultada en abril del 2015).

XL.<http://www.fao.org/docrep/v7180s/v7180s06.htm#5.2> cambios autolíticos (consultada en abril del 2015).

XLI.<http://www.bdigital.unal.edu.co/1084/1/EVALUACIONMEZCLA.pdf> (consultada en abril del 2015).

XLII.[http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4168-9a0fad7584a2829778bc70dcf8646f485f886ad1/main/files/Vaselina\\_l\\_\\_quida.pdf](http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4168-9a0fad7584a2829778bc70dcf8646f485f886ad1/main/files/Vaselina_l__quida.pdf) (consultada en abril del 2015)

XLIII.[http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4322-b7cd165fb833fdb4a7b2544e0567ffbd83a2d6d7/main/files/cido\\_este\\_\\_rico.pdf](http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4322-b7cd165fb833fdb4a7b2544e0567ffbd83a2d6d7/main/files/cido_este__rico.pdf) (consultada en abril del 2015)

XLIV.[http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4077-ea78cd88d84680f6f77d984e752eb185fd7c85d7/main/files/Alcohol\\_cet\\_\\_lico.pdf](http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4077-ea78cd88d84680f6f77d984e752eb185fd7c85d7/main/files/Alcohol_cet__lico.pdf) (consultada en abril del 2015)

XLV.[http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4407-4737b73ef24751cb72d309db5b34f2b64ae0663c/main/files/Lanolina\\_anhidra.pdf](http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4407-4737b73ef24751cb72d309db5b34f2b64ae0663c/main/files/Lanolina_anhidra.pdf) (consultada en abril del 2015)

XLVI.[http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4535-935894ba7b486212e06f78e0b727248292c161cf/main/files/Aceite\\_g\\_\\_rmen\\_trigo.pdf](http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4535-935894ba7b486212e06f78e0b727248292c161cf/main/files/Aceite_g__rmen_trigo.pdf) (consultada en abril del 2015)

XLVII.<http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4257-dec0525952d91caba371957d3a73cdaa33233fb3/main/files/Propilenglicol.pdf> (consultada en abril del 2015)

XLVIII.[http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4202-d2fa20f6ffb1f7c5e800e786e4720c4ce163fe5f/main/files/Carboximetilcelulosa\\_s\\_\\_dica.pdf](http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/4202-d2fa20f6ffb1f7c5e800e786e4720c4ce163fe5f/main/files/Carboximetilcelulosa_s__dica.pdf) (consultada en abril del 2015)

# Anexos

## Anexo 1. Cuestionarios de la evaluación sensorial

### Gelatinas

1. Ordene los productos A, B y C por orden de preferencia (1 el peor, 3 el mejor).

	A	B	C
Color			
Sabor			
Olor			
Dureza			
Adhesividad			

2. Puntúe los productos anteriores globalmente en una escala del 1 al 7 (1 muy malo, 4 indiferente y 7 excelente).

A:

B:

C:

3. Comentarios adicionales:

### Snacks

1. Valore del 1 al 5 crispness (un bocado con los incisivos; puntuación de 1 palomita y de 5 tortilla chips (Doritos)) y la crackliness (masticar con los molares 3-4 veces; puntuación de 1 galleta blanda y de 5 galleta muy dura y seca) de los diferentes snacks. La referencia (Pringle) tienen una puntuación de 3 en ambos atributos.

	Crispness	Cracklines

2. Puntúe globalmente el sonido emitido por los snacks en una escala del 1 al 5 (1: no me gusta el sonido, 3: me es indiferente, 5: me gusta mucho el sonido).

A:

B:

C:

Pringle:

3. Puntúe cada uno de los siguientes apartados del 1 al 5 según lo agradable que le ha resultado cada producto (1 "muy desagradable", 3 "indiferente" y 5 "muy agradable").

	A	B	C
Color			
Sabor			
Olor			
Dureza			

4. Dele a los productos anteriores una puntuación general del 1 al 5 (1 “muy malo”, 2 “malo”, 3 “regular”, 4 “bueno” y 5 “muy bueno”).

A:

B:

C:

5. Comentarios adicionales:

### Salmón

1. A continuación se le presentan 4 piezas de salmón, dos recubiertas y dos sin recubrir. Olfatéelas y puntúe con 1, 3 o 5 la intensidad del olor en comparación con la muestra de salmón fresco (1 “menos intenso”, 3 “similares”, 5 “más intenso”).

	Puntuación
Salmón fresco	3
Salmón sin recubrir	
Salmón recubierto A	
Salmón recubierto B	

2. Ordene los productos anteriores en base a la intensidad del color.

3. Comentarios adicionales.

## FICHAS DE TRABAJO

**Indicaciones PREVIAS:** si considera la crema ideal, puntúela con 2.5 puntos. En caso contrario, puede dar puntuaciones desde 1 hasta 5 (según considere). Recuerde que firmeza es la fuerza necesaria para comprimir la crema entre pulgar e índice, y que pegajosidad es lo que cuesta separar los dedos.

**Indicaciones FROTADO:** puntuar de la misma manera que en el apartado PREVIAS. Recuerde que humectabilidad es la cantidad de agua que se percibe al frotar, untabilidad es la facilidad con la que se extiende el producto sobre la piel y grosor es la cantidad de crema que se percibe sobre la piel.

**Indicaciones POST-FROTADO:** una vez extendida la crema dejarla reposar durante 15 minutos y puntuar igual que los apartados anteriores. Recuerde que el brillo es lo brillante que le quede la piel tras el untado, resbalosidad es si puede deslizar el dedo con facilidad y la cantidad de residuo es la cantidad de crema que se perciba sobre la piel.

**Indicaciones CUALIDADES GENERALES:** puntuar del 1 (muy desagradable) al 5 (muy agradable), teniendo en cuenta que el 3 es indiferencia.

CUALIDADES DE TEXTURA Y SENSACIÓN EN LA PIEL														
PREVIAS					FROTADO					POST-FROTADO				
	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
											15min	15min	15min	15min
<b>Firmeza</b>					<b>Humectabilidad</b>					<b>Brillo</b>				
<b>Pegajosidad</b>					<b>Untabilidad</b>					<b>Resbalosidad</b>				
					<b>Grosor</b>					<b>Cantidad de residuo</b>				

CUALIDADES GENERALES				
	A	B	C	D
<b>Color</b>				
<b>Aromas</b>				
<b>Grado de aceptación total</b>				

**Indique su crema comercial y sus observaciones:**

## Anexo 2. Balance económico desarrollado en detalle

### Coste de la yema y sus fracciones liofilizadas

Para el cálculo del coste de la materia prima, debe tenerse en cuenta el coste inicial de las cuatro docenas de huevos medianos empleados (3.60€) y el coste energético que supone la obtención del material liofilizado (liofilizador, centrifuga), a lo que debe descontarse la venta de la clara en función de su extracto seco y el de la cáscara (0€, no imputándose un coste de transporte ni medioambiental por suponerse que se entregaría de forma gratuita a una empresa que se encargue de elaborar pienso animal).

Si se supone que los huevos medianos tienen un peso medio de 55 gramos y que se dispone de 4 docenas de partida, el 10% se corresponde con la cáscara (264g), un 60% de clara (1584g) y el resto yema (792g), aunque la obtenida en la práctica es menor (603.47g) debido a las pérdidas que se producen a escala de laboratorio y a que no todos los huevos pesaran 55 gramos. Partiendo de la suposición anterior, de un precio de la clara en polvo al consumidor de 12.95€/kg, de que el precio de venta al fabricante sería un 20% inferior y de que son 190g los que teóricamente se podrían obtener de clara en polvo (el 12% de la clara es extracto seco), se obtendrán por la venta de la clara 1.97€. En cuanto a la yema, su coste será de 1.63€ (obtenido de descontar a los 4€ (coste de las 4 docenas) el coste recuperado por la venta de la clara). Ahora falta estimar el coste energético de la obtención de las fracciones y el coste asociado a mano de obra

$$\begin{aligned} \text{Energía liofilizador} &= 1.2 \text{ caballos de potencia} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 882.6W \\ &= 0.8826kW \cdot 36h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 4.77\text{€} \cdot 0.66 = 3.15\text{€} \\ \text{Energía centrífuga} &= 1 \text{ caballos de potencia} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 735.5W \\ &= 0.7355kW \cdot 0.75h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 0.08\text{€} \cdot 0.66 = 0.05\text{€} \\ \text{Energía} \frac{\text{cascadora}}{\text{separadora}} &= 0.5 \text{ caballos} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 367.8W \\ &= 0.3678kW \cdot 0.02h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW} \cdot h = 0.001 \cdot 0.66 = 0.0007\text{€} \end{aligned}$$

Figura A. Cálculos para la determinación del coste energético de la materia prima. Los tiempos presentados equivalen para el tratamiento de 4 docenas de huevos.

En la Figura A se muestran los cálculos llevados a cabo para la estimación del coste energético. Se ha supuesto que en el laboratorio se ha necesitado el liofilizador durante 1.5 días en promedio para la liofilización, los 45 minutos que se hace uso de la centrifuga y se supone que se empleará para el cascado y la separación de la yema de los huevos una máquina que casca 2400 huevos por hora. Al ir los cálculos enfocados a industria, se acepta que los costes energéticos a escala de laboratorio se reducen un 33%. El coste energético total teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente es de 3.2€ para 4 docenas de huevos.

Lo anterior conlleva que el coste de obtener 1503.47g de yema líquida diluida son de 1.63€ y que el coste energético de la liofilización y separación es de 3.2€, siendo el total para el 17.58% del extracto seco de la yema de 4.83€ (no se ha tenido en cuenta el agua por tener un coste despreciable). A una escala de mucho mayor tamaño, por ejemplo partiendo de 100kg de yema líquida diluida, los costes serían de 321.26€, del cual el 80.4% del coste imputable al plasma y el restante a los gránulos. Por lo que, costarán 258.29€ por cada 12.47kg de plasma (hay que tener en cuenta que de cada 100kg de yema líquida diluida, el 17.58% se corresponde con el extracto seco, del cual el 70.96% es plasma) y 62.97€ por cada 5.11kg de gránulos.

Para la elaboración de los distintos productos se partirá de que se emplean 100kg de plasma, haciendo los cálculos solo con uno por simplificar los cálculos. Por cada 100 kg de plasma, se tendrá un coste de 2071.29€ y se necesitarán romper para ello 25576 huevos. La mano de obra necesaria para este proceso vendrá dada por las 15 horas de trabajo necesarias en concepto de carga, descarga, supervisión de la cascadora y del liofilizador (incluida esta supervisión en el tiempo total, pues no necesitamos un operador únicamente para este proceso). A 7.5€ cada hora, el coste del operario será de 112.5€. En base a lo anterior, el coste de la obtención de los 100kg de plasma será de 2183.79€.

Para calcular el coste de obtención de 100kg de gránulos liofilizados, se llevará a cabo el mismo procedimiento que el realizado con el plasma. El coste de obtener gránulos liofilizados en cuanto a materia prima es el mismo por cada 4 docenas, aunque el tiempo de liofilización es menor, necesitándose solo 24h. Ello implica que el coste de materia prima es de 1.63€ y el energético por cada 4 docenas es de 2.15€. Este coste de 3.78€ sería el correspondiente a 1503.47g de yema diluida, siendo para 100kg de yema diluida de 241.42€. Del anterior, el coste de los gránulos sería de 49.28€ por cada 5.11kg de gránulos liofilizados. Por cada 100 kg, el coste de materia prima y

energética será de 964.38€, necesitando 62582 huevos. Para el cascado se necesitará de 26.08h, asumiéndose que se necesitará de 27.5h para el proceso completo. Teniendo en cuenta que cada hora cuesta 7.5€, el coste de mano de obra será de 206.25€. El coste de obtener los gránulos liofilizados es de 1170.63€.

Para el caso de la yema, el coste en materia prima sigue siendo de 1.63€, mientras que el coste energético de la liofilización es de 2.1€ (únicamente 24h de liofilización, no 37h y no se centrifuga), siendo el total para 603.47g de yema fresca liofilizada de 3.73€ por cada 4 docenas de huevos. La yema líquida tiene un extracto seco del 43.81% (obtenido de tener en cuenta el extracto seco de gránulos y el de plasma), por lo que se obtienen 264.56g de yema liofilizada por cada 4 docenas. A una escala de mucho mayor tamaño, por ejemplo partiendo de 100kg de yema líquida, los costes serían de 618.09€ por cada 43.81kg de yema liofilizada (como no se diluye, no hay que tener en consideración el coste del agua). Por cada 100kg de yema liofilizada se tendría un coste de 1410.84€ y se necesitarían cascar 18144 huevos. Al coste anterior falta incluir el coste de mano de obra, el cual se obtiene teniendo en cuenta que cada hora cuesta 7.5€ y que se necesitan 8.5h de trabajo (7.56h de trabajo y supervisión de las cascadoras, más un tiempo de carga y descarga). El coste de mano de obra es de 63.75€, siendo el coste total de obtener la yema liofilizada de 1474.59€.

#### Coste de la elaboración de gelatinas a partir de yema y sus fracciones liofilizadas

Este coste depende de la materia prima de partida (100 kg de plasma, del carragenato y del agua, cuyo coste suponemos nulo por ser poco significativo para la estimación), de la mano de obra y del coste energético.

Para el cálculo del coste de la materia prima, necesitamos saber cuál es la cantidad de gelatina que se pueden obtener con 100kg de plasma, el cual es 2222.22kg de gelatina. La cantidad de gelatina se obtiene sabiendo que para elaborar gelatinas de 20g se necesitan 0.9g de plasma. La cantidad de carragenato necesaria para elaborar 2222.22kg de gelatina es de 22.22kg de carragenato. Si el precio del carragenato es de 10.22€/kg, el carragenato imputará un coste al proceso de 227.1€. Además se necesitan 2100 litros de agua (por cada 20g de gelatina se emplean 18.9 mL de agua), los cuales tienen un coste de 3.15€.

Para el cálculo del coste energético, al igual que en el apartado anterior, se supondrá que se adquiere maquinaria especial, en este caso batidoras y sistemas de dosificación de las mezclas. En la elaboración de las gelatinas a partir de los 100kg de

plasma, se realizarán 10 operaciones que emplearán 10kg de plasma cada una, siendo el tiempo de cada operación de 2 horas. En las dos horas, se pesan los distintos reactivos, se bate la mezcla, se dosifica en envases de 120g, se trata térmicamente y se refrigera en nevera.

$$\begin{aligned}
 \text{Tratamiento térmico} &= 2.5 \text{ caballos de potencia agitacion y estufa} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} \\
 &= 1838.75W = 1.839kW \cdot 1h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 0.28 \cdot 0.66 = 0.18\text{€} \\
 \text{Mezclado} &= 1 \text{ caballos de potencia batidora} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 735.5W \\
 &= 0.736kW \cdot 0.17h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 0.02 \cdot 0.66 = 0.01\text{€} \\
 \text{Equipos menores} &= 0.5 \text{ caballos de potencia total} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 367.75W \\
 &= 0.368kW \cdot 0.67h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 0.04 \cdot 0.66 = 0.02\text{€}
 \end{aligned}$$

Figura B. Cálculos para estimar el coste energético de la elaboración de las gelatinas. El coste se calcula para cada etapa, empleándose en cada una 10kg de plasma.

En la Figura B se muestra el cálculo realizado para los equipos menores durante el pesado y el refrigerado, para la estufa y el batido durante el tratamiento térmico y el del consumo energético durante el mezclado. El coste energético del proceso es de 0.21€ para cada 10kg de plasma convertido en gelatina, coste que incluye la reducción de costes del 33% por el cambio de escala. Para los 100kg de plasma, el coste será de 2.1€.

Finalmente, se necesita estimar el coste de la mano de obra durante este proceso. Este coste vendrá marcado por el tiempo necesario para el transporte de los materiales y productos de una etapa a la siguiente. Por cada etapa de 10kg, el tiempo estimado de trabajo es de 2 horas. Por lo que, el operario trabajará 10h por cada 100kg de plasma, lo que equivale a un coste de 75€. En resumen, el coste de materia prima para la elaboración de 2222.22kg de gelatina es de 2414.04€, el coste energético es de 2.1€ y la mano de obra de 75€, lo que hace un coste total de 2491.14€. El kilo de gelatina tendría un coste de 1.12€, teniendo una gelatina de 120g un coste de 0.13€.

Partiendo de 100kg de gránulos liofilizados, el coste de materia prima para la elaboración de 2222.22kg de gelatina es de 1401.23€, el coste energético es de 2.1€ y la mano de obra de 75€, lo que hace un coste total de 1478.33€. El kilo de gelatina

tendría un coste de 0.67€, teniendo una gelatina de 120g un coste de 0.08€, dos céntimos más baratas que las de plasma.

Partiendo de 100kg de yema liofilizada, el coste de materia prima para la elaboración de 2222.22kg de gelatina es de 1704.84€, el coste energético es de 2.1€ y la mano de obra de 75€, lo que hace un coste total de 1781.94€. El kilo de gelatina tendría un coste de 0.80€, teniendo una gelatina de 120g un coste de 0.10€.

Coste de la elaboración de snacks de yema o sus fracciones liofilizadas

Este coste depende de la materia prima de partida (100 kg de plasma, del carragenato, la goma de garrofín y del agua, cuyo coste suponemos nulo por ser poco significativo para la estimación), de la mano de obra y del coste energético.

Para el cálculo del coste de la materia prima, necesitamos saber cuál es la cantidad de snacks que se pueden obtener con 100kg de plasma, el cual es 242.22kg de snacks. La cantidad de snacks se obtiene sabiendo que para elaborar snacks de 2.18g se necesitan 0.9g de plasma. La cantidad de carragenato necesaria para elaborar 242.22kg de snacks es de 55.55kg de carragenato. Si el precio del carragenato es de 10.22€/kg, el carragenato imputará un coste al proceso de 567.72€. En cuanto a la goma de garrofín, se necesitarán 33.33kg, cuyo coste es de 586.94€ (17.61€/kg). En cuanto al agua, se requiere de 221.63 litros que tienen un precio de 0.33€.

Para el cálculo del coste energético, al igual que en el apartado anterior, se supondrá que se adquiere maquinaria especial, en este caso batidoras (de mayor potencia que en las gelatinas) y sistemas de dosificación de las mezclas. En la elaboración de las snacks a partir de los 100kg de plasma, se realizarán 10 operaciones que emplearán 10kg de plasma cada una, siendo el tiempo de cada operación de 9 horas. En las dos horas, se pesan los distintos reactivos, se bate la mezcla, se dosifica en la estufa parcelada en agujeros cilíndricos de unos 40 mL de capacidad, se trata térmicamente, se enfría a temperatura ambiente, se desmolda, se corta mediante una cortadora (equipo menor) y se seca en estufa.

$$\begin{aligned}
 \text{Tratamiento térmico} &= 2 \text{ caballo de potencia estufa} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 1471W \\
 &= 1.471kW \cdot 0.67h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 0.15 \cdot 0.66 = 0.1\text{€} \\
 \text{Mezclado} &= 1.5 \text{ caballos de potencia batidora} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 1103.25W \\
 &= 1.103kW \cdot 0.17h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 0.03 \cdot 0.66 = 0.02\text{€}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Equipos menores} &= 0.5 \text{ caballos de potencia total} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 367.75W \\
 &= 0.368kW \cdot 1h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 0.06 \cdot 0.66 = 0.04\text{€} \\
 \text{Tratamiento secado} &= 2 \text{ caballo de potencia estufa} \cdot 735.5 \frac{W}{\text{caballo}} = 1471W \\
 &= 1.471kW \cdot 7h \cdot 0.15 \frac{\text{€}}{kW \cdot h} = 1.54 \cdot 0.66 = 1.02\text{€}
 \end{aligned}$$

Figura C. Cálculos para estimar el coste energético de la elaboración de snacks.

En la Figura C se muestra el cálculo realizado para los equipos menores durante el pesado y el refrigerado, para la estufa durante el tratamiento térmico, el secado y el del consumo energético durante el mezclado. El coste energético del proceso es de 1.18€ para 10kg de plasma convertidos en snacks. Para los 100kg de plasma, el coste será de 11.8€.

Finalmente, se necesita estimar el coste de la mano de obra durante este proceso. Este coste vendrá marcado por el tiempo necesario para el transporte de los materiales y productos de una etapa a la siguiente. Por cada etapa de 10kg, el tiempo estimado de trabajo es de 2 horas, pues el tiempo de secado no necesita al operario para con ejecución y desarrollo. Por lo que, el operario trabajará 10h por cada 100kg de plasma, lo que equivale a un coste de 75€. En resumen, el coste de materia prima para la elaboración de 242.22kg de snacks es de 3338.78€, el coste energético es de 11.8€ y la mano de obra de 75€, lo que hace un coste total de 3425.58€. El kilo de snacks tendría un coste de 14.14€, teniendo por cada 100g de snacks un coste de 1.41€.

Partiendo de 100kg de gránulos liofilizados, el coste de materia prima para la elaboración de 221.11kg de snacks (por cada 0.9g de gránulos liofilizados se obtienen 1.99g de snack) es de 2325.62€, el coste energético es de 11.8€ y la mano de obra de 75€, lo que hace un coste total de 2412.42€. El kilo de snacks tendría un coste de 10.91€, teniendo por cada 100g de snacks un coste de 1.09€.

Partiendo de 100kg de yema liofilizada, el coste de materia prima para la elaboración de 227.78kg de snacks (por cada 0.9g de yema liofilizada se obtienen 2.05g de snack) es de 2629.55€, el coste energético es de 11.8€ y la mano de obra de 75€, lo que hace un coste total de 2716.35€. El kilo de snacks tendría un coste de 11.93€, teniendo por cada 100g de snacks un coste de 1.19€.

### **Alternativas**

Tanto el coste de los snacks como de las gelatinas podría reducirse aún más incrementando la capacidad de los equipos, lo cual nos permitiría producir una mayor cantidad de producto en el mismo tiempo, reduciéndose con ello los costes derivados del proceso. Otra opción sería no liofilizar el producto, aunque ello implicaría usar el plasma prácticamente tras su obtención y necesidad de tanques para su almacenamiento. Teniendo en cuenta que el 85% del plasma es agua (obtenido teniendo en cuenta que la liofilización provoca que el plasma pase de 1208.8g a 187.7g), que el coste de los huevos de partida es de 1.63€ y el coste energético es de 0.05€ (el coste del agua no se tiene en cuenta por ser despreciable), ambos para 4 docenas (1503.47g yema líquida diluida). Para 100kg de yema líquida diluida, los costes de materia prima y energéticos son de 111.74€, siendo el 80.4% del coste imputable al plasma fresco y el restante a los gránulos frescos. Por lo que, costarán 89.84€ por cada 80.4kg de plasma (por cada 1503.47g de yema líquida diluida se obtienen 1208.8g de plasma) y 21.9€ por cada 19.6kg de gránulos.

Para la elaboración de los distintos productos se partirá de que se emplean 100kg de plasma, haciendo los cálculos solo con uno por simplificar los cálculos. Por cada 100 kg de plasma, se tendrá un coste de 111.74€ y se necesitarán romper para ello 3971 huevos. La mano de obra necesaria para este proceso vendrá dada por las 2.5 horas de trabajo necesarias en concepto de carga, descarga y supervisión de la cascadora, la cual está operativa durante 1.65h. A 7.5€ cada hora, el coste del operario será de 18.75€. En base a lo anterior, el coste de la obtención de los 100kg de plasma será de 130.49€.

Para calcular el coste de obtener gránulos frescos, se parte de que se obtienen 19.6kg a 21.9€ por cada 100kg de yema diluida. Para la elaboración de los distintos productos se partirá de que se emplean 100kg de gránulos. Por cada 100 kg de gránulos, se tendrá un coste de 111.74€ y se necesitarán romper para ello 23692 huevos. La mano de obra necesaria para este proceso vendrá dada por las 10.25 horas de trabajo necesarias en concepto de carga, descarga y supervisión de la cascadora, la cual está operativa durante 9.87h. A 7.5€ cada hora, el coste del operario será de 76.88€. En base a lo anterior, el coste de la obtención de los 100kg de gránulos será de 188.62€.

Para calcular el coste de obtener yema fresca, hay que partir de que el coste de los huevos de partida es de 1.63€ y el coste energético es despreciable (todo por cada 4 docenas), se calculará el coste de obtener yema sin liofilizar. Para 100kg de yema

líquida, los costes de materia prima y energéticos son de 270.1€, necesiándose 7954 huevos. El tiempo de trabajo será de 4h, teniendo un coste de mano de obra de 30€. El coste total de la yema líquida será de 300.1€.

#### Coste de las gelatinas empleando materia prima en fresco

Para la elaboración de gelatinas con plasma fresco, la formulación teóricamente será de 0.2g carragenato, 6g de plasma fresco (hay que tener en cuenta que en 1g de plasma fresco, 0.15g son de extracto seco) y 13.8g de agua. Con 100kg de plasma fresco se podrán preparar 333.33kg de gelatina. Para la cantidad de gelatina anterior se necesitarán 3.33kg de carragenato, lo que tiene un coste de 34.03€. En cuanto al agua, se necesitan 69kg que a un coste de 1.5€/m<sup>3</sup>, hacen que el agua tenga un coste de 0.1€. Esto hace un coste total en materia prima de 161.33€, el coste energético de 2.1€ y la mano de obra de 75€ (estos dos últimos apartados no han recibido cambios). El coste total será de 238.73€, siendo 0.72€ el coste por cada kilogramo de gelatina. Los 120g de producto tienen un coste de 0.09€.

Con 100kg de gránulos fresco se podrán preparar 843.88kg de gelatina (por cada 2.37g de gránulos, tendré 0.9g de extracto seco). Para la cantidad de gelatina anterior se necesitarán 8.44kg de carragenato, lo que tiene un coste de 86.26€. En cuanto al agua, se requieren de 87.35kg de agua que tienen un coste de 0.13€. Esto hace un coste total en materia prima de 275.01€, el coste energético de 2.1€ y la mano de obra de 75€ (estos dos últimos apartados no han recibido cambios). El coste total será de 352.11€, siendo 0.42€ el coste por cada kilogramo de gelatina. Los 120g de producto tienen un coste de 0.05€.

Con 100kg de yema fresca se podrán preparar 975.61kg de gelatina (por cada 2.05g de yema, tendré 0.9g de extracto seco). Para la cantidad de gelatina anterior se necesitarán 9.76kg de carragenato, lo que tiene un coste de 99.75€. En cuanto al agua, se requieren de 88.75kg de agua con un coste de 0.13€. Esto hace un coste total en materia prima de 399.98€, el coste energético de 2.1€ y la mano de obra de 75€ (estos dos últimos apartados no han recibido cambios). El coste total será de 477.08€, siendo 0.49€ el coste por cada kilogramo de gelatina. Los 120g de producto tienen un coste de 0.06€.

#### Coste de los snacks empleando materia prima en fresco

Para la elaboración de snacks, la formulación con plasma fresco teóricamente será de 0.5g carragenato, 0.3g de goma de garrofín y de 6g de plasma fresco (hay que tener en cuenta que por cada 1g de plasma fresco, 0.15g son de extracto seco) y 13.2g de

agua. Con 100kg de plasma fresco se podrán preparar 36kg de snacks (la cantidad de snacks se obtiene sabiendo que para elaborar snacks de 2.16g se necesitan 6g de plasma fresco). Para la cantidad de snacks anterior se necesitarán 8.3kg de carragenato, lo que tiene un coste de 84.83€ y de goma de garrofín se necesitarán 5kg, lo que tiene un coste de 88.05€. En cuanto al agua, se necesitan 220 litros que tienen un coste de 0.33€. Esto hace un coste total en materia prima de 303.7€, el coste energético de 11.8€ y la mano de obra de 75€ (estos dos últimos apartados no han recibido cambios). El coste total será de 390.5€, siendo 10.85€ el coste por cada kilogramo de snacks. Los 100g de producto tienen un coste de 1.09€.

Con 100kg de gránulos fresco se podrán preparar 83.97kg de snacks (la cantidad de snacks se obtiene sabiendo que para elaborar snacks de 1.99g se necesitan 2.37g de gránulos frescos). Para la cantidad de snacks anterior se necesitarán 21.1kg de carragenato, lo que tiene un coste de 215.64€ y de goma de garrofín se necesitarán 12.66kg, lo que tiene un coste de 222.94€. En cuanto al agua, se requiere 710.16 litros de agua con un coste de 1.06€. Esto hace un coste total en materia prima de 628.26€, el coste energético de 11.8€ y la mano de obra de 75€ (estos dos últimos apartados no han recibido cambios). El coste total será de 715.06€, siendo 8.52€ el coste por cada kilogramo de snacks. Los 100g de producto tienen un coste de 0.85€.

Con 100kg de yema fresco se podrán preparar 100kg de snacks (la cantidad de snacks se obtiene sabiendo que para elaborar snacks de 2.05g se necesitan 2.05g de yema frescos). Para la cantidad de snacks anterior se necesitarán 24.39kg de carragenato, lo que tiene un coste de 249.27€ y de goma de garrofín se necesitarán 14.63kg, lo que tiene un coste de 257.63€. En cuanto al agua, se requieren de 836.59 litros con un coste de 1.25€. Esto hace un coste total en materia prima de 808.25€, el coste energético de 11.8€ y la mano de obra de 75€ (estos dos últimos apartados no han recibido cambios). El coste total será de 895.05€, siendo 8.95€ el coste por cada kilogramo de snacks. Los 100g de producto tienen un coste de 0.9€.

La alternativa de no liofilizar abarata los costes de producción, una reducción más notable en snacks que en gelatinas. La industria podría elaborar sus productos haciendo uso de la yema o sus fracciones en fresco, teniendo una línea de liofilización o de secado por spray para mantener un stock de seguridad y para poder almacenar la materia prima en el caso de que exista una bajada de la demanda.

### Anexo 3. Resultados del recubrimiento del salmón

Estas pruebas se han realizado con el objetivo de valorar un posible efecto protector respecto a daños por congelación, microbianos y frente a la pérdida de humedad. Se emplearon muestras de 2.5 centímetros de largo y ancho en lugar de 1, con un análisis a distintos tiempos y empleando solo muestras control, muestras protegidas con un recubrimiento de plasma por inmersión y de gránulos por ese mismo procedimiento. Respecto a la inmersión, se ha escogido este procedimiento de elaboración por ser el más sencillo y probablemente el más eficaz, caracterizándolo de nuevo con medidas de pH y de cambio de peso a los 0, 15 y 30 días.. Las piezas recubiertas (Figura D) se vieron rodeadas por una capa traslúcida y de un espesor menor que las piezas de salmón de pruebas anteriores, viéndose pequeñas estructuras globulares con la formulación que contenía gránulos.

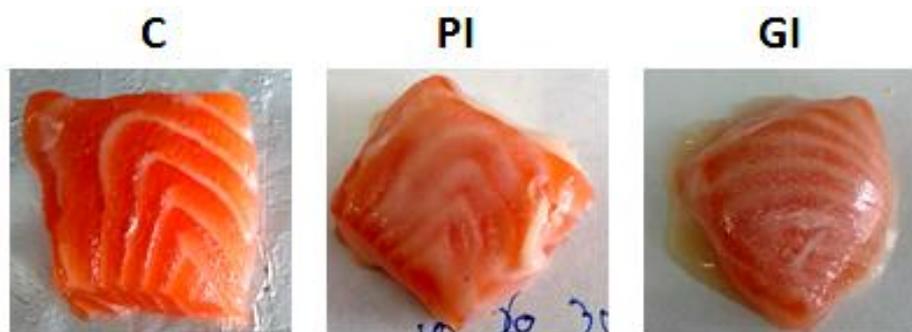


Figura D. Recubrimientos del salmón. La C es control, PI recubrimiento por inmersión en plasma y GI recubrimiento por inmersión en gránulos.

A tiempo 0 y tras los 15 y 30 días se realizaron las medidas del pH del salmón y se analizó el cambio de peso de los productos completos (salmón recubierto). Los resultados se muestran en la Tabla A.

Tabla A. Resultados del recubrimiento protector a tiempo 0, 15 y 30 días. Se muestran los datos promediados correspondientes a las muestras control a los 15 y 30 días (C(15) y C(30)), las muestras recubiertas con plasma por inmersión a los 15 y 30 días (PI(15) y PI(30)) y las muestras recubiertas con gránulos por inmersión a los 15 y 30 días (GI(15) y GI(30)). Se muestran los cambios de peso tras el descongelado (PD) y la evolución del pH.

	C (15)	C (30)	PI (15)	PI (30)	GI (15)	GI (30)
PD (%)	2,22±0,03	0,94±0,65	5,92±2,00	9,36±1,38	11,2±0,89	13,64±2,02
pH t=0	6,36±0,04					
	C	PI	GI			
pH t=15	6,48±0,01	6,43±0,01	6,52±0,05			
pH t=30	6,46±0,07	6,51±0,02	6,45±0,04			