

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



SUSTITUTOS DEL TRIGO EN LA ELABORACIÓN DEL PAN

TRABAJO FIN DE GRADO/MÁSTER EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS
ALIMENTOS

ALUMNO/A: D. JOSÉ RAMÓN JORGE SÁNCHEZ

TUTOR/A: D. RAÚL GRAU MELÓ

DIRECTOR EXPERIMENTAL: D. SAMUEL VERDÚ AMAT

Curso Académico: 4º CURSO DE CARRERA

VALENCIA, JULIO DE 2015



SUSTITUTOS DEL TRIGO EN LA ELABORACIÓN DEL PAN

En el presente trabajo se pretende estudiar el comportamiento de las masas y panes al sustituir parcialmente la harina de trigo por diferentes sustitutos (salmón y merluza) en diferentes porcentajes (5% y 10%). Para ello se evaluaron las diferentes combinaciones comparándolas con el pan control a través del análisis de sus propiedades físicas. Tras los diferentes estudios se concluyó que se puede llegar a igualar el rendimiento productivo del pan control, incluso superarlo en alguna de las etapas del procesado. El análisis de la fermentación mostró que los pescados tratados térmicamente e incorporados en forma de harina provocaban mayores incrementos en la altura de la masa durante la fermentación, alcanzando alturas similares a las del control. La adición de pescado a las diferentes formulaciones favoreció en todo caso la capacidad de retención de agua de los panes durante el horneado, siendo esta capacidad mayor al añadir el pescado en forma de pasta sin tratar térmicamente. El análisis de textura, a pesar de influir negativamente en la mayoría de parámetros el primer día, consiguió retrasar los efectos del envejecimiento del pan y mejorar al pan control en días posteriores. En lo que respecta al análisis sensorial de los panes, la adición de pescado influyó negativamente en los parámetros evaluados, especialmente en el sabor y aroma, siendo mayor el rechazo por el consumidor en los panes con salmón en su formulación.

Palabras clave: sustitutos trigo, fermentación, envejecimiento pan, capacidad de retención de agua, tratamiento térmico

In the present study the aim is to study the behavior of the masses and breads to partially replace wheat flour by different substitutes (salmon and hake) in different percentages (5% and 10%). Different combinations were evaluated by comparing with the normal bread (100 % wheat flour) through the analysis of their physical properties. Different studies concluded that you can reach the normal bread yield even improve it in some stages of processing. Fermentation analysis showed that the fish treated thermally and incorporated into flour caused greater increases in the height of the mass during fermentation, reaching similar levels to the normal bread. Adding fish to the different formulations favored in any case the water retention capacity of bread during baking, this being greater when the fish is added in the form of paste without heat treatment. Texture analysis, despite negative impact on most parameters the first day, managed to delay the effects of aging and improve to the normal bread the next days. In regard to the sensory analysis of breads, the addition of fish negatively influenced the parameters measured, especially in the flavor and aroma, being higher rejection by the consumer in breads with salmon in its formulation.

Palabras clave: flour substitutes, fermentation, bread aging, water retention capacity, heat treatment

Titulación: Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Curso académico: 2014/2015

Alumno: D. José Ramón Jorge Sánchez

Tutor: Prof. D. Raúl Grau Meló

Director experimental: D. Samuel Verdú Amat

Valencia, julio de 2015

Índice temático

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
3. Material y métodos.....	5
3.1 Plan de trabajo.....	5
3.2 Materias primas.....	7
3.3 Proceso de elaboración.....	7
3.3.1 Preparación de harinas y pastas.....	7
3.3.2 Cálculo de formulaciones.....	7
3.3.3 Elaboración de la masa panarias.....	8
3.3.4 Fermentado y horneado del pan.....	8
3.4 Análisis y estudios realizados.....	8
3.4.1 Control del proceso de fermentación de las masas.....	8
3.4.2 Pérdidas de peso durante el horneado.....	9
3.4.3 Medida de la textura de los panes.....	9
3.4.4 Análisis sensorial.....	9
3.4.5 Procesado de datos.....	9
4. Resultados y discusión.....	10
4.1 Estudio del proceso de fermentación de las masas.....	10
4.2 Estudio de la pérdida de peso.....	12
4.3 Estudio de la textura.....	14
4.4 Análisis sensorial.....	19
5. Conclusiones.....	22
6. Bibliografía.....	23

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan y análisis realizados.....	6
Figura 2. Evolución del incremento de altura de la masa control y de las masas elaboradas con salmón en forma de pasta y harina (5 y 10%).....	10
Figura 3. Evolución del incremento de altura de la masa control y de las masas elaboradas con merluza en forma de pasta y harina (5 y 10%).....	11
Figura 4. Porcentajes de pérdida de peso y desviaciones estándar en las diferentes formulaciones. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel del confianza del 95%.....	13
Figura 5. Representación gráfica de la evolución de la dureza de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.....	14
Figura 6. Relación entre la altura alcanzada por la masa durante la fermentación y la dureza de los panes tras el horneado. Las barras expresan error estándar ($p < 0.05$).....	15
Figura 7. Representación gráfica de la evolución de la elasticidad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.....	16
Figura 8. Representación gráfica de la evolución de la cohesividad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.....	17
Figura 9. Representación gráfica de la evolución de la gomosidad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.....	17
Figura 10. Representación gráfica de la evolución de la masticabilidad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.....	18

Figura 11. Representación gráfica de la evolución de la resiliencia de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón..... 19

Figura 12. Análisis sensorial de los panes elaborados utilizando merluza como sustituto en forma de harina y de pasta, con diferentes porcentajes (5 y 10 %). Diferentes letras en cada fila representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%..... 20

Figura 13. Análisis sensorial de los panes elaborados utilizando salmón como sustituto en forma de harina y de pasta, con diferentes porcentajes (5 y 10 %). Diferentes letras en cada fila representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%..... 21

Figura 14. Relación de la apreciación global con el aroma (izquierda) y con la textura en boca (derecha) evaluada por los consumidores..... 21

Figura 15. Relación entre la apreciación global evaluada por los consumidores y la dureza evaluada mediante análisis instrumental..... 22

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de las dos especies de pescado..... 7

Tabla 2. Valores medios de altura, desviaciones y diferencias significativas entre formulaciones al final del proceso de fermentación..... 11

1. Introducción

La industria de los cereales y sus derivados es una de las más importantes a nivel mundial en lo que respecta a la cuota de mercado en la industria alimentaria, puesto que estos productos son consumidos diariamente en la mayor parte de la población.

Según el Código Alimentario se definen los cereales como plantas herbáceas monocotiledóneas de ciclo vegetativo anual que comprenden varias especies, como el trigo, la cebada, la avena, el centeno, el triticale, el maíz, el sorgo, el alforfón, el mijo y el alpiste, de todos ellos es el trigo el cereal con más usos, tanto en la industria alimentaria como en otras industrias de elaboración de subproductos.

Aunque la forma y el tamaño de las semillas pueden ser diferentes, todos los granos de cereales tienen una estructura y valor nutritivo similar; 100 g de grano entero suministran aproximadamente 350 kcal, de 8 a 12 g de proteína y cantidades útiles de calcio, hierro (sin embargo el ácido fítico puede dificultar su absorción) y las vitaminas B. En su estado seco, los granos de cereales carecen completamente de vitamina C y excepto en el caso del maíz amarillo, no contienen caroteno (provitamina A). Para obtener una dieta balanceada, los cereales deben suplementarse con alimentos ricos en proteína, minerales y vitaminas A y C. La vitamina D puede obtenerse a través de la exposición de la piel a la luz solar.

La estructura de todos los granos de cereales está compuesta por: la cascara de celulosa, la cual no tiene valor nutritivo para los seres humanos; el pericarpio y testa, dos capas bastante fibrosas que contienen pocos nutrientes; la capa de aleurona rica en proteínas, vitaminas y minerales; el embrión o germen rico en nutrientes, consiste de la plúmula y la radícula unidas al grano por el cotiledón; el endospermo que comprende más de la mitad del grano y consiste principalmente en almidón. (www.fao.org).

La demanda de cereales es tan grande que la producción nacional no llega a cubrir las necesidades internas teniendo que recurrir a menudo a las importaciones de los mercados nacionales. La superficie cultivada de cereales (excluida la de arroz) en España, muestra una evolución claramente descendente en los últimos años. En el periodo que abarca desde 2002 hasta 2011 la superficie de cereales se ha reducido un 12%, pasando de los 6,6 millones de hectáreas de 2002 a los 5,8 millones de hectáreas de 2011. El rendimiento medio, no obstante, ha mejorado. En concreto, el rendimiento medio del último quinquenio ha sido de 3,4 t/ha, frente al del último decenio que fue de 3,2 t/ha.

En el sector de los cereales podemos encontrar los 'productos de panadería'. El término 'productos de panadería' o 'productos horneados', se aplica a una gama amplia de productos que incluyen los panes, pasteles, masas o bollería, galletas, galletas saladas y otros muchos productos. La característica más común para su identificación es que en su formulación aparece en mayor o menor medida la harina de trigo. Otra característica de los productos de panadería es que pueden ser definidos como los que han sido sometidos a un proceso de

calentamiento (cocción), durante el cual se producen los cambios tanto en la forma y estructura del producto final, así como en su estructura interna y en su composición (Cauvain y Young., 2006).

Galletas, bollería y pastelería son alimentos solicitados por un gran porcentaje de hogares y, por tanto, aparecen frecuentemente en el consumo alimentario. Según el informe MERCASA publicado en el año 2013, durante el año 2007, el gasto por persona en alimentos y bebidas para consumo en el hogar se cifró en 1.411 euros. Dentro de este gasto, el pan tuvo una participación del 6,5% –concretamente, 92,2 euros per cápita– y la partida de bollería, pastelería, galletas y cereales supuso un 3,9% del gasto total alimentario –54,7 euros per cápita–. En términos de consumo, cada español demandó, de media, 42,8 kilos de pan y 12,5 kilos de bollería, pastelería, galletas y cereales.

Entre los productos de panadería anteriormente mencionados, es el pan junto a otros productos frescos el que presenta una mayor frecuencia tanto de consumo como de compra. Según la legislación, en el Real Decreto 1137/1984, de 28 de Marzo de 1984 por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la fabricación, circulación y comercio del Pan y Panes Especiales (modificado posteriormente), se define pan como el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propias de la fermentación panaria, como el *Saccharomyces cerevisiae*.

En la legislación española (Real Decreto 1137/1984, de 28 de Marzo de 1984) se define el pan en función de dos criterios, su composición y su formato. También se procede a realizar una clasificación de las distintas variedades de pan, entre ellos el pan común, el pan bregado o de miga dura, también denominado español o candelat, el pan de flama o de miga blanda, y el denominado grupo de panes especiales. Este numeroso grupo incluye el pan de grañones, el pan de Viena y pan francés, el pan glutinado, pan tostado, biscote, colines, pan de huevo o pan de leche, pan rallado, pan enriquecido, pan de molde o americano y los panes integrales o hechos con salvado.

El pan es un alimento básico y uno de los productos más ampliamente consumidos por la humanidad siendo uno de los alimentos procesados que más antigüedad tienen. La abundancia de variedades de pan deriva de las propiedades únicas de la harina de trigo para formar gluten en presencia de agua, formando una masa gomosa de excelentes cualidades reológicas de vital importancia en la producción de pan y otros productos fermentados (P.Cauvain et.al 2002).

El problema del pan blanco realizado con harina refinada es la deficiencia de ésta en vitaminas y minerales, concretamente en vitamina B, ya que se pierden al eliminar la cascarilla del grano. La deficiencia de la vitamina B en particular contribuye a una amplia gama de enfermedades y afecta a todo el mundo. Por ejemplo, se estima que un 25 por ciento de los adultos estadounidenses padecen de deficiencia en B12 (Mercola, 2011).

Con intención de solucionar problemas como el citado anteriormente, se han desarrollado nuevas tendencias de consumo de pan relacionadas con la salud. Los consumidores demandan nuevos productos más saludables y nutritivos, provocando que se

estén buscando diferentes sustitutos a la harina de trigo como pueden ser otras especies de cereales o harinas elaboradas a partir de legumbres o pescado (éste último es el que vamos a tratar en el presente trabajo).

Según las estimaciones de la FAO, alrededor de 70 millones de toneladas de pescado y marisco se procesan al año mediante eviscerado, fileteado, congelación, enlatado o curado. La mayor parte de la pesca de todo el mundo se destina al consumo humano directo. Pero el procesado de los alimentos pesqueros implica una gran cantidad de descartes, subproductos que se desprecian y se destinan a otras aplicaciones comerciales. En los últimos años y, cada vez con una mayor intensidad, la obtención de productos derivados del pescado cobra una importancia nutricional y un valor económico dignos de aprovechar.

Se calcula que del total de la pieza de pescado solo se aprovecha el 60% de su peso para la alimentación, ya que para el consumo habitual se retiran las cabezas, vísceras, escamas, aletas y esqueletos. Aunque cada vez más se reutilizan los despieces del pescado, todavía se desperdicia una gran cantidad, puesto que el consumidor prefiere adquirir las piezas enteras y los desperdicios acaban en la basura, sin opción de destinarlos a la industria de los subproductos. No obstante, se pretende cambiar esa tendencia y, cada vez más, se reúnen los despieces para aprovecharlos. Además de los restos de las especies tradicionales para el consumo, hay diferentes tipos de especies destinadas a la industria de los subproductos. Son aquellas que no tienen una gran aceptación en el mercado, ya sea por su tamaño, sabor o textura o por la gran cantidad de ejemplares que se pescan y no se venden como tal. También las especies que se enrancian de forma muy rápida y cuyo mantenimiento envasadas con garantía de calidad supone un gasto económico.

Una buena manera de aprovechar estos residuos de la pesca sería mediante su utilización en la elaboración de diferentes productos con la finalidad de mejorar su perfil nutricional. Estos subproductos de la pesca se podrían utilizar, por ejemplo, en la elaboración de harina de pescado.

La harina de pescado es un producto que se obtiene mediante la reducción de humedad y grasa del pescado entero, sin agregar sustancias extrañas salvo aquellas que tiendan a mantener la calidad original del producto. Se puede denominar con el nombre de una especie, siempre que contenga un mínimo del 90% de pescado de dicha especie (Medina, 1993).

Hasta hace poco se usaba básicamente para alimentación animal pero en los últimos años ha adquirido importancia su uso en alimentación humana. En alimentación animal la harina de pescado se emplea como alimento proteínico de cerdos, aves de corral, ganado vacuno y en acuicultura (FAO, 1975. Zaldívar, 1996). En alimentación humana organismos internacionales como FAO, OMS y UNICEF han reconocido la importancia del desarrollo de una harina de pescado de buena calidad que permita su uso como un complemento proteínico (FAO, 1961).

La harina de pescado para consumo humano es de buena calidad organoléptica y alimenticia. Su utilidad radica en el hecho de que nutre adecuadamente en combinación con los cereales - maíz, trigo, arroz, etc - en proporciones hasta del 5% (Del Valle, 1970). La harina de pescado es una fuente concentrada de proteínas de máxima utilidad. Su calidad proteica es excelente debido a su composición en aminoácidos esenciales, particularmente lisina y

metionina. El contenido de energía metabolizable de la harina de pescado es notablemente alto y se debe al contenido de proteínas y de grasa y al bajo contenido de sustancias no digestibles como la fibra. La harina de pescado, por contener los esqueletos, es fuente importante de calcio y fósforo; la disponibilidad del fósforo es de 100%, mientras que en las oleaginosas es mucho más bajo. Asimismo, aporta sodio, cloro, manganeso, zinc, hierro, cobre, yodo, flúor y selenio; también contribuye con vitaminas tales como la vitamina A, vitamina E, B12, riboflavina, ácido nicotínico, ácido pantoténico y colina (FAO, 1975. Rojas, 1979).

Los aceites de la harina de pescado contienen sobre todo ácidos grasos poliinsaturados que se conocen como omega 3: ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA); dichos ácidos son esenciales para el desarrollo normal del cerebro, sistema nervioso, ocular y vascular tanto en bebés como en niños. Otros beneficios de los ácidos omega 3 son la prevención de enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial, etc (Grand y Sutphen, 1987).

El valor nutritivo de las proteínas de pescado y cereales está limitado por la deficiencia en algunos aminoácidos, por tanto, las mezclas de proteínas de cereales que son deficientes en aminoácidos como la lisina con el pescado puede resultar útil para lograr mezclas proteicas con valores biológicos superiores a cualquiera de las fuentes utilizadas por separado.

El resultado final es una harina mixta vegetal o harina compuesta, que contiene los niveles óptimos de proteínas y de aminoácidos necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de la población.

A pesar de los beneficios que estos sustitutos nos puedan aportar es importante tener en cuenta que al disminuir la cantidad de harina de trigo nos encontraremos con una serie de problemas que pueden afectar a los parámetros de calidad del pan blanco relacionados con el procesado y que pueden producir cierto rechazo en los consumidores. Este problema es principalmente la disminución de la cantidad de gluten en las diferentes formulaciones. El gluten está formado por varios tipos de proteínas que originan una red proteica que aparece durante el mezclado de la harina con el agua (gluteninas y gliadinas), las cuales se combinan para dar masas viscoelásticas que retienen otros componentes como los almidones, las fibras y los lípidos, además de dotarle a la masa de capacidad de absorción de agua (Baiano et al., 2009). La reducción de la cantidad de gluten total genera cambios en la masa relacionados con la capacidad de retención de agua y CO₂, causando mermas en el volumen, textura y pérdida de peso, entre otros factores (Flander et al., 2011).

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

En base a lo expuesto en la introducción, en el presente Trabajo de Final de Grado se pretende desarrollar y evaluar masas panarias sustituyendo parcialmente la harina de trigo por diferentes especies de pescado, con la finalidad de evaluar el comportamiento de las masas y los panes ya elaborados en lo que respecta a sus propiedades físicas.

2.2 Objetivos específicos

- Formular mezclas de harina de trigo con pastas y harinas obtenidas a partir de dos especies diferentes de pescado con diferente contenido en grasa y proteína.
- Evaluar que formulación obtiene un mejor rendimiento relacionado con las propiedades fisicoquímicas medidas en las masas y panes producidos.
- Determinar la aceptabilidad del producto mediante un análisis sensorial.

3. Material y métodos

3.1 Plan de trabajo

Los objetivos planteados en este trabajo se desarrollaron en el siguiente plan de trabajo.

- Estudio de la fermentación de diferentes masas panarias con diferentes grados de sustitución de la harina de trigo: para ello se han hecho formulaciones incluyendo el sustituto anteriormente mencionado en las que restamos un 5 % y un 10 % de harina de trigo en la formulación control*:
 - Formulación control: 57,24 % harina refinada + 33,54 % agua + 1,97 % aceite + 2,23% levadura + 3,94 % azúcar + 1 % sal
- Estudio mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales de los panes elaborados con pescado y el pan control.

Con la finalidad de facilitar la comprensión del trabajo, a continuación se muestra un diagrama de flujo con las operaciones y análisis a realizar.

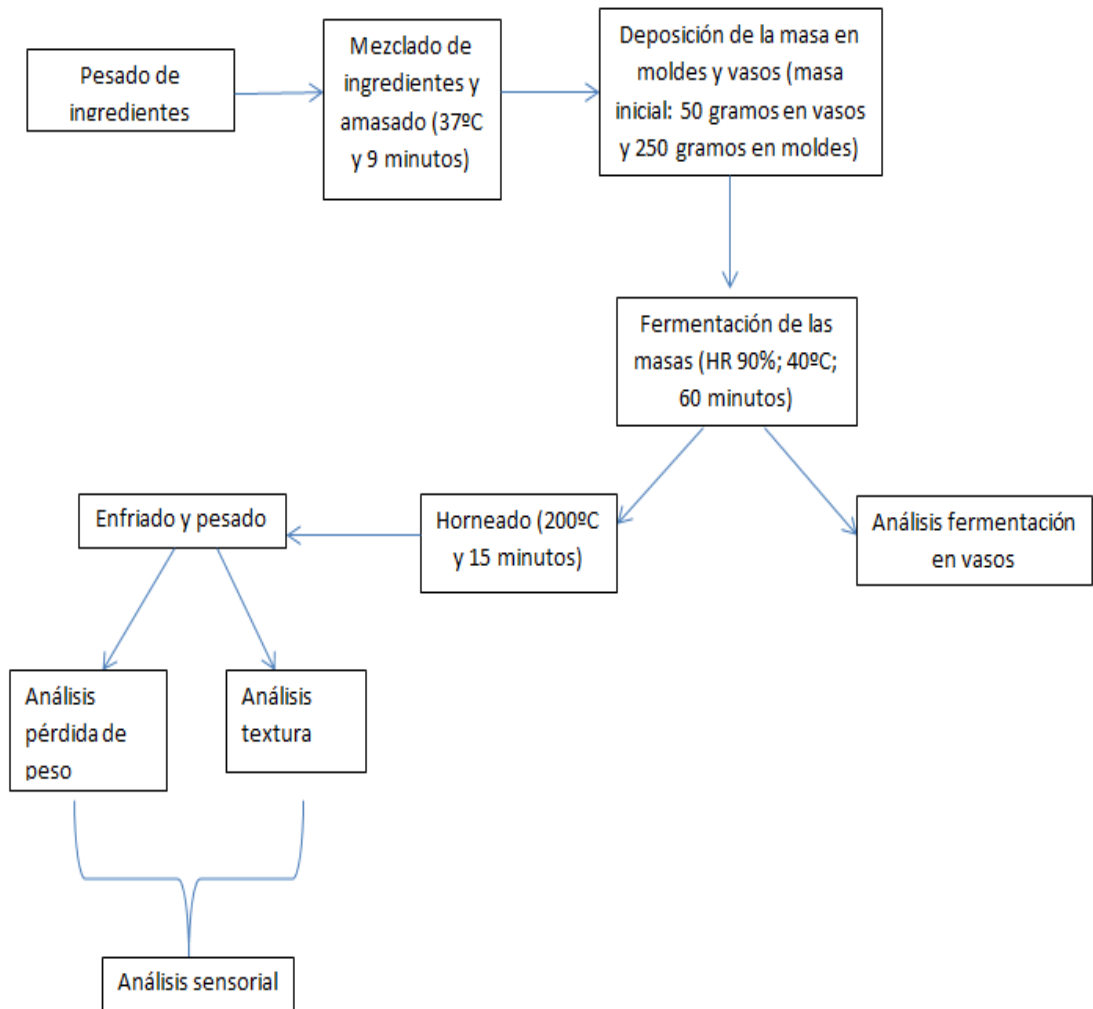


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan y análisis realizados.

**Al restar el 5 y 10 % de harina de trigo se han añadido las cantidades necesarias de pescado para compensar la pérdida de solutos que se produce respecto del control. Para ello se han hecho balances de materia en todas las formulaciones tratando de mantener la relación agua/solutos de la formulación control. La finalidad de esto es que los cambios producidos no sean debidos a un exceso de solutos o de agua.*

3.2 Materias primas

Los ingredientes utilizados en la elaboración de las masas fueron principalmente harina refinada de trigo (Harinas Segura S.L, Valencia) denominada de gran fuerza, destinada para fermentaciones largas, como en la elaboración de pan de molde, hojaldres y plum cakes entre otros, y cuyos datos alveográficos son: P 94, L 128, W 392 y L/W 0,73. Pasta y harina elaborada a partir de salmón (Mercadona, Mascato S.A, Vigo) y merluza (Consum). También se utilizó agua, azúcar blanco (Azucarera, AB Azucarera Iberia SLU, Madrid), sal fina seca (Salinas del odiel, S.L, Huelva), aceite de girasol (La masía, Oleomasia S.A, Sevilla) y levadura (Panibérica de levadura, S.A, Valladolid).

Tabla 1. Composición de las dos especies de pescado

	Salmón (%)	Merluza (%)
Agua	78,5	83,7
Proteínas	20,4	15
Lípidos	4,4	0,9
HC	0	0

3.3 Proceso de elaboración

3.3.1 Preparación de harinas y pastas

Para obtener la harina y pasta de pescado se utilizó un robot de cocina Thermomix (Vorwerk S.A, España). Se llevaron a cabo dos procesos distintos. Por un lado, parte del pescado fresco se trituró en la Thermomix a velocidad 10 obteniendo una pasta. El pescado restante fue destinado a obtener harina. Para ello se secó en un deshidratador profesional (EXCALIBUR 3900TM) durante 24 horas a una temperatura de 52°C. Transcurrido ese tiempo se repite el mismo procedimiento anterior, triturando el pescado secado a velocidad 10 y pasando la harina obtenida por un tamiz eliminando los trozos más groseros y consiguiendo un tamaño de partícula adecuado y uniforme. Todo lo anterior se hizo con las dos especies de pescado que estamos tratando (merluza y salmón).

3.3.2 Cálculo de formulaciones

Previamente a la elaboración de la masa es necesario hacer una serie de cálculos para mantener la relación agua/solutos de la formulación control. Esta relación es de 0,866 y la finalidad ya se ha comentado en el apartado "Plan de trabajo". Para tal fin es necesario conocer la humedad de los diferentes sustitutos que vamos a utilizar y así establecer que cantidad de pescado es necesaria añadir para compensar las pérdidas de solutos derivadas de eliminar un 5 % y un 10 % de harina de trigo de la formulación control.

La humedad se midió siguiendo el método oficial (A.O.A.C. 1990) y una vez conocida se desarrollaron todas las formulaciones con el pescado como sustituto.

3.3.3 Elaboración de la masa panaria

En esta etapa se usó una balanza (Kern 440 49N, Alemania) para pesar los ingredientes y un robot de cocina Thermomix (Vorwerk S.A). El amasado se realizó a temperatura 37°C durante todo el proceso. Primero se incorporó el agua, el aceite, la sal, el azúcar y el sustituto de la harina trigo a utilizar y se homogeneizó durante tres minutos y medio. Después se le añadió la levadura y se homogeneizó durante treinta segundos más. Por último, se incorporó la harina de trigo en dos fracciones iguales. La primera fracción se adicionó y se batió durante 30 segundos, homogenizándose con la disolución previamente preparada. La segunda fracción de harina se adicionó y se amasó durante cuatro minutos y medio a velocidad 5 (550 rpm).

Una vez finalizado el amasado se siguieron dos vías:

- La primera está orientada a realizar el análisis de la fermentación. Para ello se utilizaron vasos de tubo de 17,8 x 5,3 cm. A partir de la masa obtenida de cada formulación se llenaban 5 vasos con 50 gramos cada uno.
- La segunda está orientada a realizar los análisis posteriores al horneado, es decir, textura, pérdida de peso y análisis sensorial. En este caso las masas obtenidas de cada formulación se introducirán en moldes de fermentación de 7,5 x 17 cm recubiertos con papel de aluminio y untados con una fina capa de aceite. En cada molde se añadirán 250 gramos.

3.3.4 Fermentado y horneado del pan

Las masas fueron fermentadas durante una hora en una cámara de fermentación de condiciones controladas (KBF720, Binder, Tuttlingen, Germany) a una humedad relativa del 90% y temperatura de 40°C. El horneado se llevó a cabo en un horno (Fagor, 2CF-3V) durante 15 minutos a 200 °C.

3.4 Análisis y estudios realizados

3.4.1 Control del proceso de fermentación de las masas

Para el estudio de la evolución de las masas en la fermentación se utilizaron vasos de tubo de 17,8 x 5,3 cm. A partir de cada formulación se llenaban 5 vasos con 50 gramos cada uno y se colocaban en un soporte de corcho. Este estudio se realizó primero con la masa control (100% harina de trigo), y posteriormente con las distintas formulaciones sustituyendo un 5% y un 10% de harina de trigo.

Conociendo la altura inicial y midiendo la altura de cada uno de los vasos cada 10 minutos durante 1 hora en la cámara de fermentación, podemos obtener una gráfica del comportamiento de cada una de las formulaciones en este proceso. Otro parámetro a medir será el incremento de altura producido (diferencia entre altura final

y altura inicial) en una 1 hora de fermentación, comparando las posibles diferencias que pueda haber respecto del control.

3.4.2 Pérdidas de peso durante el horneado

Con el fin de conocer cuáles son las pérdidas de peso, es decir, la retención de agua de las masas en el horneado, éstas serán pesadas antes y después de dicho proceso (una vez se hayan atemperado 30 minutos). Para ello 250 g de masa son introducidos en un molde de 7,5 x 17 cm, el cual tras una hora de fermentación en la cámara es horneado durante 15 minutos a 200 °C.

3.4.3 Medida de la textura de los panes

La textura de las muestras fue analizada en un texturómetro (Stable Micro Systems, Mod. Texture Analyzer –XR2, Godalming, Surrey UK). Se realizó un análisis TPA (Texture Profile Analysis). Las muestras fueron obtenidas en forma de cilindro de 3 cm de diámetro y 4 de longitud, los cuales se comprimieron mediante un pistón de compresión (P/75) de 75mm de diámetro con una velocidad de ensayo de 10.00 mm/s y deformación del 50%. Para cada formulación se realizaron 3 muestras y de cada muestra se obtuvieron cinco cilindros. Los parámetros obtenidos fueron la dureza, la elasticidad, la cohesividad, la masticabilidad, la gomosidad y la resiliencia. Estos parámetros fueron medidos durante 3 días (día 0, 1, 3) con el objetivo de ver cómo podía afectar el envejecimiento del pan a sus valores.

3.4.4 Análisis sensorial

Para evaluar la incidencia del pescado en los panes elaborados se realizó un análisis sensorial. La zona central de los diferentes panes se dividió en láminas de 0,8 cm de grosor. La cata se llevó a cabo en dos días diferentes debido al gran número de muestras a evaluar. El primer día se evaluaron solo cinco formulaciones y el segundo las cuatro restantes.

A partir de cada formulación se obtenía una muestra que era codificada con un número aleatorio. Los catadores juzgaron las muestras en base a varios atributos sobre el producto y en una escalada continua adimensional desde “muy desagradable” hasta “muy agradable”. El número de personas que acudió a la primera tanda de la cata fue de 25, mientras que en la segunda tanda acudieron 13 personas.

3.4.5 Procesado de datos

Los datos fueron analizados mediante un análisis estadístico de la varianza (ANOVA), el cual se aplicó para la determinación de diferencias significativas entre los grupos de datos de las muestras con diferentes sustitutos y porcentajes de sustitución. Para ello se utilizó Statgraphics (versión Centurión 16.1.15 XV) con un nivel de significación del 95 % ($p < 0.05$). En el caso de que las diferencias fueran significativas estas se evaluaron mediante el análisis de comparación de medias con la distribución Fisher LSD. También se realizaron ANOVAs

multifactoriales con la finalidad de conocer que factores tenían más influencia sobre las variables estudiadas.

4. Resultados y discusión

4.1 Estudio del proceso de fermentación de las masas

El primer estudio a realizar consiste en ver cómo afecta a la cinética de crecimiento de las masas en la fermentación la incorporación de los sustitutos de la harina de trigo. En las Figuras 2 y 3 podemos ver la evolución de la altura en las 9 formulaciones desarrolladas, comparando en cada figura los diferentes sustitutos a evaluar con la formulación control. Como se puede apreciar el efecto de la sustitución de la harina trigo por las dos especies de pescado provocó cambios tanto en la velocidad de crecimiento de las masas como en el incremento de altura en la fermentación. Tal y como se muestra en la tabla 2, en todas las formulaciones se produjeron cambios significativos en el incremento de altura de las masas respecto al control. A través de un ANOVA multifactorial podemos concluir que el factor “% de sustitución” influye mucho más sobre el incremento de altura que el factor “tipo de pescado”, aunque ambos tienen un efecto estadísticamente significativo con un 95 % de nivel de confianza.

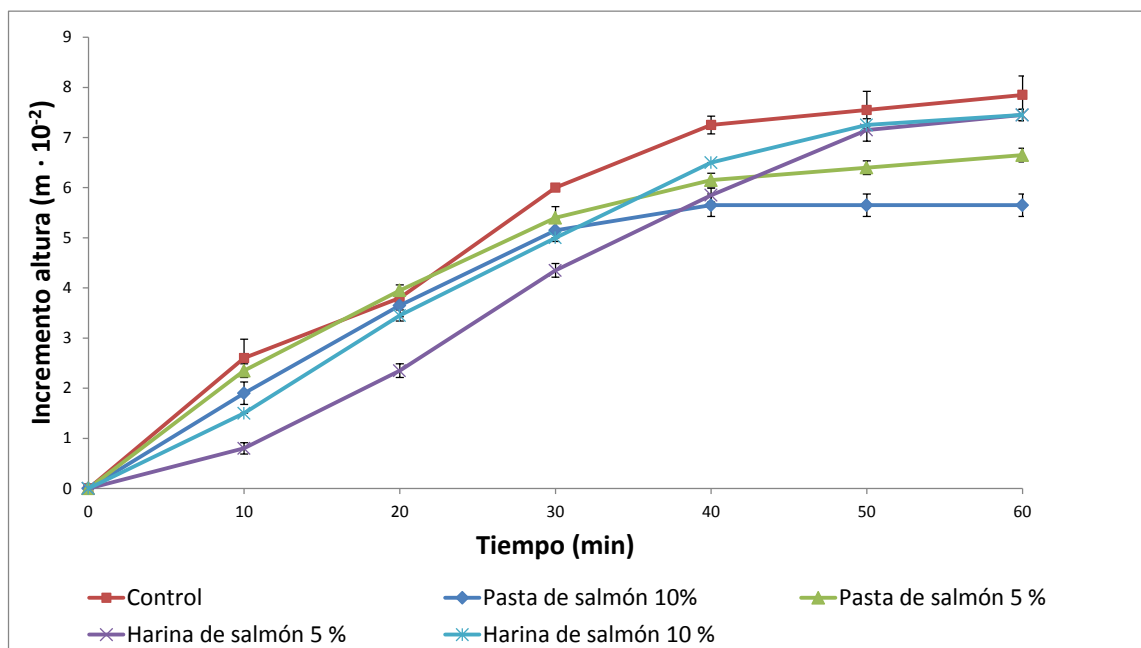


Figura 2. Evolución del incremento de altura de la masa control y de las masas elaboradas con salmón en forma de pasta y harina (5 y 10%).

En la figura 2 se muestra la evolución en la fermentación de las masas formuladas sustituyendo un 5 y un 10 % de harina de trigo por salmón en forma de pasta y harina. Se puede apreciar claramente que las masas en que se ha incorporado el salmón en forma de harina tienen un incremento de altura mucho más lento al inicio de la fermentación pero alcanzan alturas muy parecidas a la masa control. En cambio cuando se incorpora el salmón en forma de pasta ocurre lo contrario, se alcanzan alturas mayores al inicio de la fermentación pero la altura final es mucho menor a la alcanzada por la masa control.

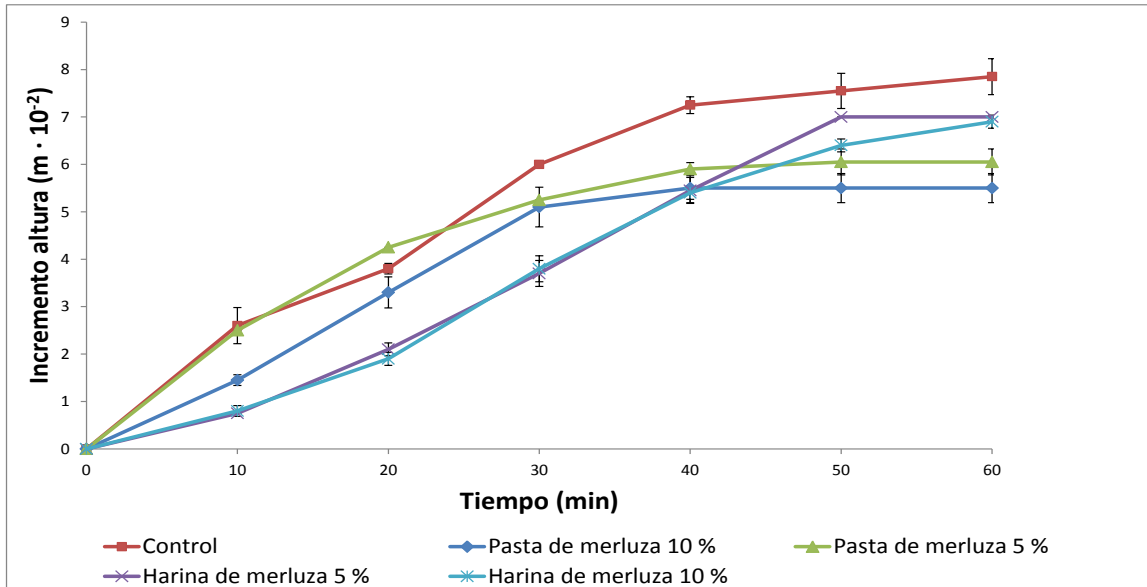


Figura 3. Evolución del incremento de altura de la masa control y de las masas elaboradas con merluza en forma de pasta y harina (5 y 10%).

En la figura 3 se muestra la evolución en la fermentación de las masas formuladas sustituyendo un 5 y un 10 % de harina de trigo por merluza en forma de pasta y harina. En este caso nos encontramos un caso parecido al del salmón, alcanzando alturas mayores cuando se incorpora la merluza en forma de harina a pesar de tener un incremento más lento al inicio de la fermentación. Ocurre lo mismo con la incorporación en forma de pasta de la merluza, con un incremento mayor al principio pero alcanzando una altura final menor.

En las gráficas se muestra que la evolución en la cinética de crecimiento de las masas es parecida para los dos tipos de pescado, no obstante la altura final alcanzada es mayor en el caso del salmón, sin llegar a alcanzar la del control. Esto se puede apreciar en la tabla 2.

Tabla 2. Valores medios de altura, desviaciones y diferencias significativas entre formulaciones al final del proceso de fermentación.

		Incremento altura ($m \cdot 10^{-2}$)
Control		$7,85 \pm 0,17$ a
Tipo de sustituto	% sustitución	
Harina de merluza	5	7 ± 0 d
	10	$6,90 \pm 0,06$ cd
Pasta de merluza	5	$6,05 \pm 0,12$ b
	10	$5,50 \pm 0,14$ f
Harina de salmón	5	$7,45 \pm 0,05$ e
	10	$7,45 \pm 0,05$ e
Pasta de salmón	5	$6,65 \pm 0,06$ c
	10	$5,65 \pm 0,10$ f

Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%

Como ya se ha mencionado anteriormente, el factor que más influye sobre el incremento de altura en la fermentación es el porcentaje de sustitución de la harina de trigo. Al sustituir el trigo parcialmente por otros componentes estamos disminuyendo la proporción de gluten presente en la harina. El gluten se forma por la combinación de dos proteínas, la glutenina y la gliadina. Forma una estructura tridimensional impermeable a los gases provocando su retención durante la fermentación y aumentando así el volumen de las masas (Cauvain y Young., 2006). Por tanto, cuanto mayor sea el grado de sustitución de la harina de trigo menor será la capacidad de retención de gases de las masas (Noort et al., 2010). Esto se puede apreciar en la tabla 2, las masas con un 10 % de sustitución alcanzan alturas menores que las del 5 % y en ningún caso alcanzan la altura de la masa control.

Por otro lado, el efecto ejercido por el pescado cuando se incorpora en forma de harina es mucho mayor que el ejercido en forma de pasta, llegando a ser estadísticamente diferente (tabla 2). Este efecto podría ser provocado por la desnaturalización de las proteínas en el tratamiento térmico previo (52°C-24h) al que fue sometido el pescado antes de hacer la harina. La mayoría de proteínas de la carne se desnaturalizan entre 40-60°C (Tornberg, 2005) perdiendo así su estructura tridimensional, esto se agrava si el calentamiento es lento (Brady y Penfield, 1981).

Otra diferencia que podemos observar en el estudio de la fermentación es que la altura alcanzada por las masas con merluza es inferior a las que contienen salmón. Esta diferencia probablemente sea debida, entre otras causas, al diferente contenido en grasa. Una de las funciones tecnológicas de la grasa es la capacidad de retención de gas en la masa dando productos con mayor volumen y mejor textura (P.Lopez et al., 2004). El salmón tiene un mayor contenido en grasa y esto podría explicar una mayor subida en la fermentación.

4.2 Estudio de la pérdida de peso

Al igual que sucedió en el estudio de la fermentación, a través de un ANOVA multifactorial podemos concluir que el factor “% de sustitución” influye mucho más sobre la pérdida de peso que el factor “tipo de pescado”, aunque ambos tienen un efecto estadísticamente significativo con un 95 % de nivel de confianza. Las pérdidas de peso que se produjeron en el horneado fueron estudiadas y se recogen en la figura 4.

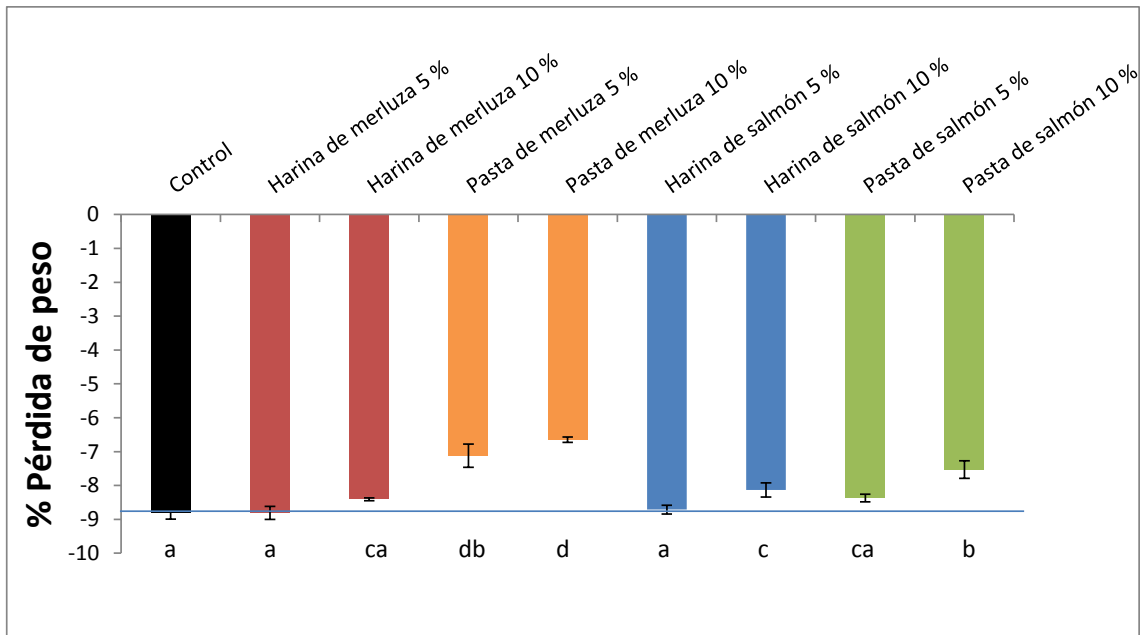


Figura 4. Porcentajes de pérdida de peso y desviaciones estándar en las diferentes formulaciones. Diferentes letras representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%

Como se puede apreciar en ninguna formulación se producen más pérdidas que en el control. Esta situación probablemente sea producida por la capacidad de retención de agua que tienen las proteínas del pescado. La principal diferencia la encontramos al utilizar el pescado en forma de pasta, obteniendo menores pérdidas de peso, siendo éstas estadísticamente diferentes a las producidas en el control.

En el caso de utilizar el pescado en forma de harina apenas se redujeron las pérdidas de peso del pan control, este efecto podría ser provocado por el tratamiento térmico previo (52°C-24h) al que fue sometido el pescado antes de hacer la harina. La disminución de la capacidad de retención de agua (CRA) en las proteínas de la carne se aprecia a partir de los 40°C (WIERBICKI et al., 1963) y la modificación más importante tiene lugar entre los 40 y 50°C. La duración del calentamiento influye poco en la CRA (HAMM e IWATA, 1962). Esto explicaría que los panes elaborados con pasta de pescado sean los que pierden una cantidad menor de peso ya que las proteínas del pescado no han sido sometidas a ningún tratamiento térmico previo al horneado y no han visto mermada su CRA.

En cualquier caso, cuanto mayor sea el grado de sustitución de la harina de trigo por pescado, mayor será la cantidad de proteínas que nos aporte el pescado y menores serán las pérdidas de peso en el horneado. Así se puede observar en la figura 4, en todos los panes con un 10 % de sustitución las pérdidas se ven reducidas respecto al del 5 %, dándonos una idea del papel fundamental de las proteínas del pescado en la CRA.

4.3 Estudio de la textura

Los estudios de textura realizados sobre los panes se muestran en las siguientes figuras. En ellas se muestran las medias y desviaciones estándar para cada uno de los parámetros de textura medidos durante 3 días (día 0, 1, 3). En la parte izquierda nos encontramos con las formulaciones en las que se ha utilizado merluza como sustituto y en la derecha salmón.

La dureza se define como la fuerza que tiene que hacer la prensa en la primera etapa de deformación (Rizzello et al., 2014). Al igual que se ha hecho en los anteriores estudios, se ha determinado que factor ha sido más influyente en los valores de dureza a través de un ANOVA multifactorial. En este caso el factor “día” es el que presenta un mayor nivel de significancia, aunque el porcentaje de sustitución y el tipo de sustituto también tienen un efecto significativo con un 95 % de nivel de confianza. En la figura 5 podemos apreciar que las formulaciones que han tenido un menor incremento de altura en la fermentación, es decir, las que tienen menor capacidad de retener gases, son las que presentan mayores valores de dureza. De esta manera los panes a los que se le ha incorporado pescado en forma de pasta tienen una miga más dura y compacta, con mayores valores de dureza cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución.

También podemos ver un incremento mucho mayor de la dureza en los panes con un 10% de sustitución con pasta de merluza en el tercer día, este incremento no es tan acentuado en el caso del salmón. La causa de esto podría deberse al mayor contenido en grasa del salmón, la cual lubrica los componentes de la matriz reduciendo y retrasando el fenómeno de retrogradación del almidón y el endurecimiento del gluten (Bennion y Bamford 1997a).

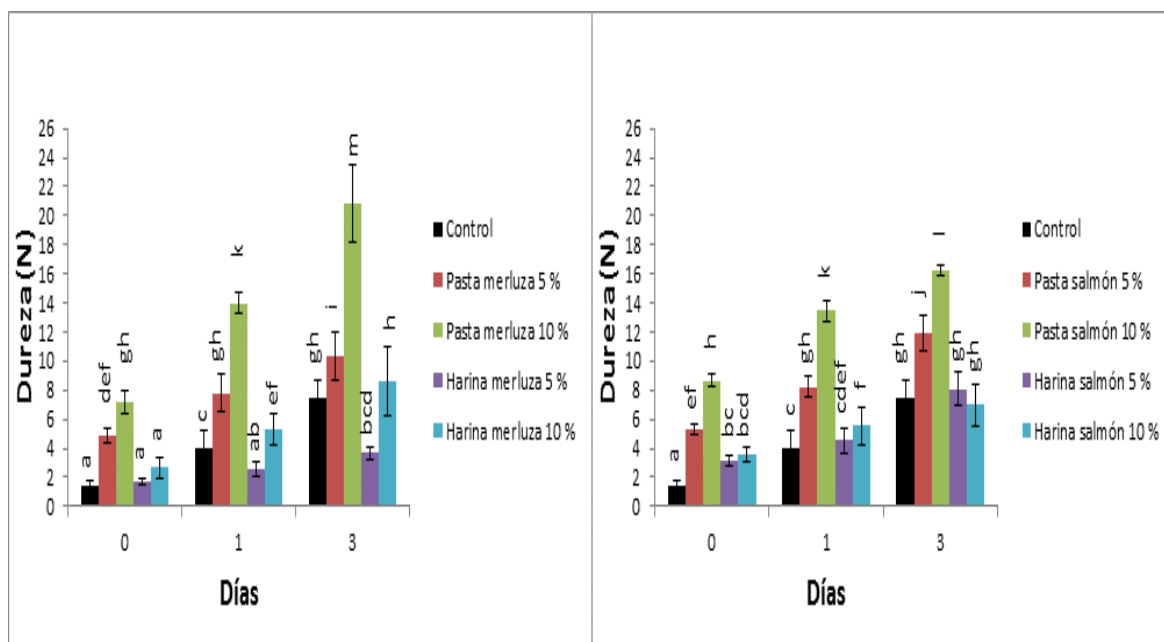


Figura 5. Representación gráfica de la evolución de la dureza de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.

En la figura 6 se muestra la relación que existe entre la altura alcanzada por las masas durante la fermentación y la dureza de los panes tras el horneado. Como podemos apreciar, las formulaciones que han tenido un menor incremento de altura en la fermentación, es decir, las que tienen menor capacidad de retener gases, son las que presentan mayores valores de dureza.

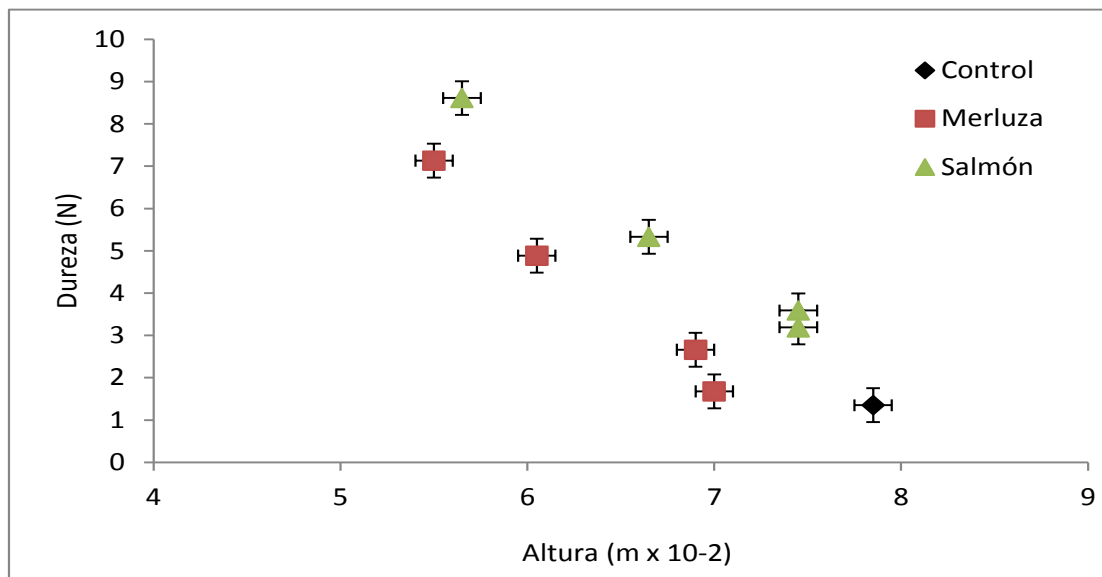


Figura 6. Relación entre la altura alcanzada por la masa durante la fermentación y la dureza de los panes tras el horneado. Las barras expresan error estándar ($p < 0.05$).

La elasticidad es la eficacia que tiene un material para recuperar la forma después de haber ejercido una fuerza sobre él. Al igual que ocurría con la dureza también es el factor "día" el que tiene más influencia sobre este parámetro. En todas las formulaciones es la que se ha incorporado el pescado el valor de elasticidad ha decrecido respecto del control (figura 7), a excepción de los panes con un 5 % de sustitución con harina de merluza en los cuales no se aprecian diferencias significativas. Con el paso de los días la elasticidad ha ido disminuyendo su valor, aunque en el caso de las formulaciones que contienen salmón en sus dos formas (harina y pasta) las diferencias entre el día 0 y el 3 nunca llegaron a ser significativas. Probablemente sea debido al efecto de las grasas retrasando los efectos del envejecimiento del pan (Bennion y Bamford 1997a).

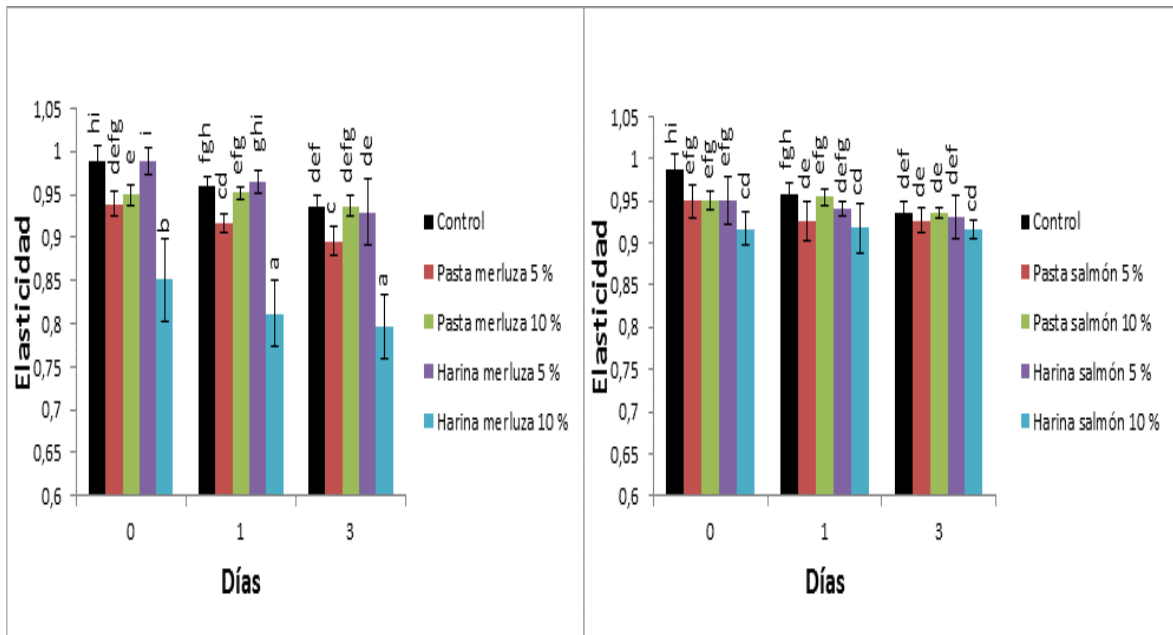


Figura 7. Representación gráfica de la evolución de la elasticidad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.

La cohesividad es la capacidad de un material para soportar una segunda deformación. A través de un ANOVA multifactorial observamos que el porcentaje de sustitución y el tipo de sustituto no tienen ninguna influencia significativa sobre este parámetro, no ocurre así con el factor “día”. Al igual que ocurrió con la elasticidad, la incorporación de pescado hizo disminuir la cohesividad el día 0, pero con el paso del tiempo ésta se vio mucho más mermada en el control llegando a ser inferior a la de las formulaciones con pescado el día 3 (figura 8). En todas las formulaciones el paso de un día a otro provocó diferencias significativas en el valor de cohesividad, a excepción de los panes con 10 % de sustitución con pasta de merluza en los que no se apreciaron diferencias significativas entre el día 0 y 1. También podemos observar que cuanto mayor es el porcentaje de sustitución más bajos son los valores de cohesividad obtenidos.

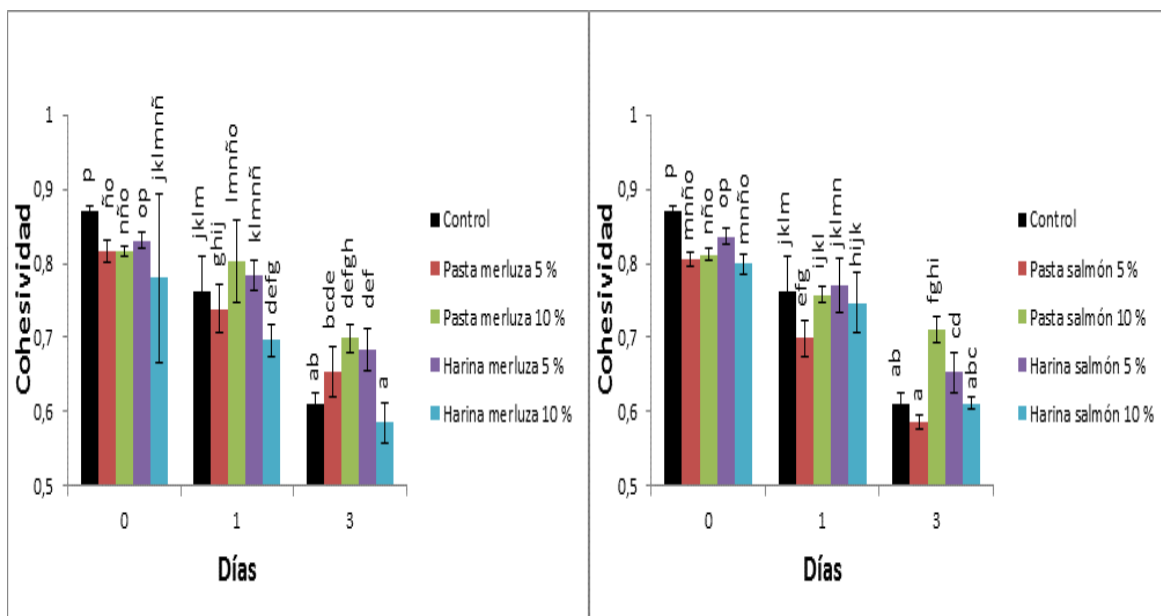


Figura 8. Representación gráfica de la evolución de la cohesividad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.

La gomosidad es el producto entre la fuerza y la cohesividad (Tong *et al.*, 2010). A través de un ANOVA multifactorial observamos que el porcentaje de sustitución es el factor que más influye sobre este parámetro. La evolución es parecida a la seguida en los valores de dureza. Nos encontramos en la figura 9 que las formulaciones que han tenido un menor incremento de altura en la fermentación, es decir, las que tienen menor capacidad de retener gases, son las que presentan mayores valores de gomosidad. De esta manera los panes a los que se le ha incorporado pescado en forma de pasta tienen una miga más gomosa, con mayores valores de gomosidad cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución.

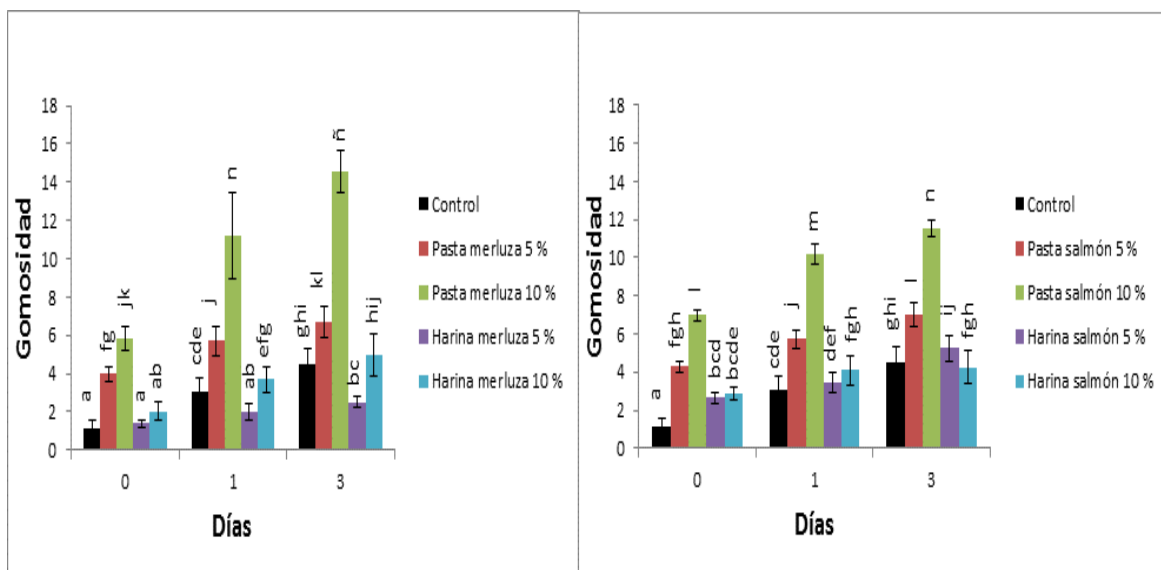


Figura 9. Representación gráfica de la evolución de la gomosidad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.

La masticabilidad es el producto de la firmeza por la cohesividad y por elasticidad (Osuna *et al.*, 2013). A través de un ANOVA multifactorial observamos que el porcentaje de sustitución es el factor que más influye sobre este parámetro. Al ser la evolución igual a la ocurrida en los parámetros dureza y gomosis, la explicación será igual a la aplicada a las figuras 5 y 9.

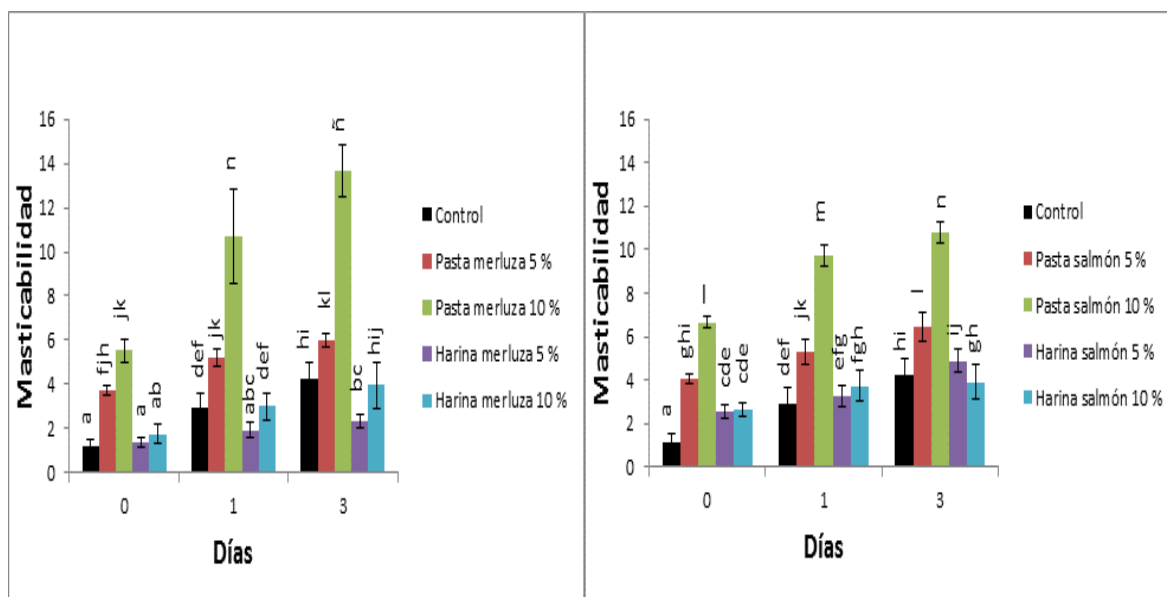


Figura 10. Representación gráfica de la evolución de la masticabilidad de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.

Por último, la resiliencia expresa la capacidad de un material para recuperar su forma original (Rizzello *et al.*, 2014). A través de un ANOVA multifactorial observamos que el factor “día” es el que más influye sobre este parámetro, muy por encima del porcentaje de sustitución o el tipo de sustituto. La evolución es muy similar a la ocurrida en los valores de cohesividad, la incorporación del pescado hizo disminuir la resiliencia (figura 11). En todas las formulaciones el paso de un día a otro provocó diferencias significativas en el valor de resiliencia, a excepción de los panes con 10 % de sustitución con pasta de merluza en los que no se apreciaron diferencias significativas entre el día 0 y 1. También se puede apreciar como en el día 3 algunas de las formulaciones con pescado muestran valores superiores al control, lo que indica una mayor resistencia al envejecimiento del pan.

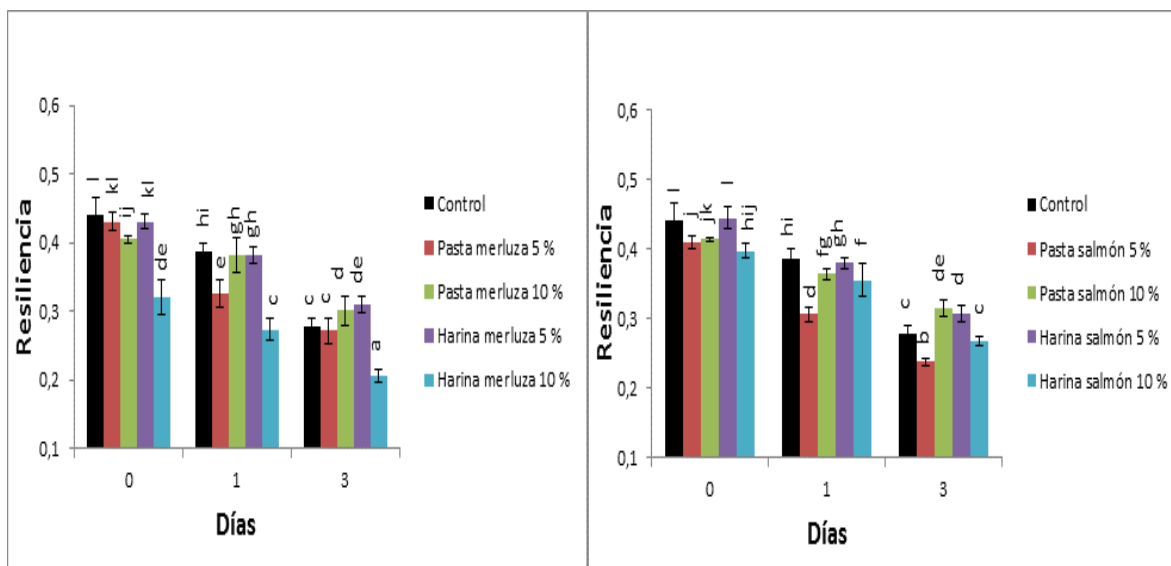


Figura 11. Representación gráfica de la evolución de la resiliencia de los panes elaborados durante tres días. A la izquierda se puede observar el pan control junto a las formulaciones con merluza y a la derecha las formulaciones con salmón.

4.4 Análisis sensorial

Con la finalidad de evaluar la incorporación de pescado en los panes se realizó un análisis sensorial de estos. Los parámetros que se evaluaron fueron color, aroma, textura al tacto, apariencia, sabor, textura en boca y apreciación global.

Los datos recogidos se representaron en dos gráficas radiales, una incluyendo los panes con merluza y otra los panes con salmón (figuras 12 y 13). Como se puede observar en ambas figuras, la muestra que presentó mejores resultados fue el control (100% harina de trigo), obteniendo mejor puntuación en todos los parámetros evaluados a excepción de la “textura en boca”, en el cual fue superado por los panes con un 10 % de sustitución con pasta de salmón. Como ya se explicó anteriormente, la grasa lubrica los componentes de la matriz dando lugar con ello a una textura más suave en el producto final (Bennion y Bamford 1997), mejorando la etapa de rebanado ya que ayuda a lubricar las cuchillas. La grasa del salmón podría estar ejerciendo estos efectos.

En el caso del salmón vemos una clara tendencia a disminuir la aceptación de los consumidores en casi todos los parámetros conforme aumenta el porcentaje de sustitución. En cambio en la merluza podemos observar una aceptación similar entre los panes con harina de merluza independientemente del porcentaje de sustitución, no habiendo diferencias significativas entre ellos. La mayor cantidad de grasa del salmón puede aportar mayor cantidad de sabores y aromas que en porcentajes elevados puede resultar desagradable para el consumidor. En la merluza no ocurre esto, apenas tiene grasa y parámetros como el sabor y el aroma son mejor aceptados que en el salmón. En la figura 12 podemos apreciar que no hay diferencias significativas en el sabor de los panes con merluza respecto al control. Sin

embargo, en el salmón las formulaciones con mayor porcentaje de sustitución si que se mostraron estadísticamente diferentes al control (figura 13).

De los parámetros evaluados, tanto para los panes elaborados con merluza como los elaborados con salmón, el aroma y la textura al tacto fueron los que presentaron mayores diferencias. Como se puede observar en la figura 14, en la que se muestra la relación entre la apreciación global con el aroma (gráfica de la izquierda) o con la textura al tacto (gráfica de la derecha), para ambos tipos de sustitutos la apreciación global aumentó con el incremento de la puntuación en estos dos parámetros. En el caso de la textura al tacto, esta estaría relacionada con la dureza evaluada mediante los ensayos de TPA. Como se observa en la figura 15, en la que se muestra la relación entre la apreciación global y la dureza evaluada mediante análisis de TPA, esta existió siendo mayor la apreciación a menor dureza (figura 15, gráfica de la izquierda) si bien como se muestra en la figura 15, gráfica de la derecha, el modo en cómo se incorporó el pescado (pasta o harina) no influyó en la apreciación, con lo que los panes elaborados con la pasta de pescado, que fueron los que mayores valores de dureza obtuvieron en el ensayo de TPA, presentaron mismos valores de apreciación global que los elaborados con harina.

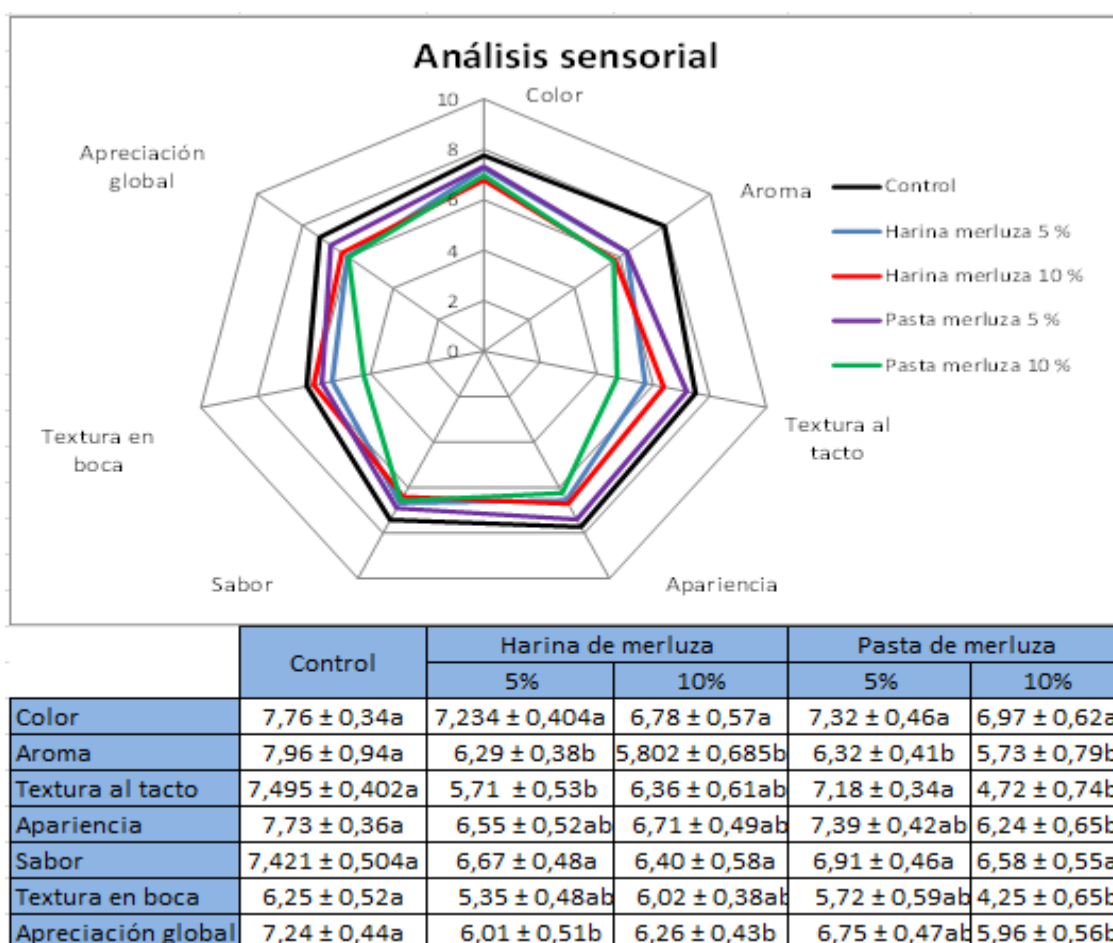
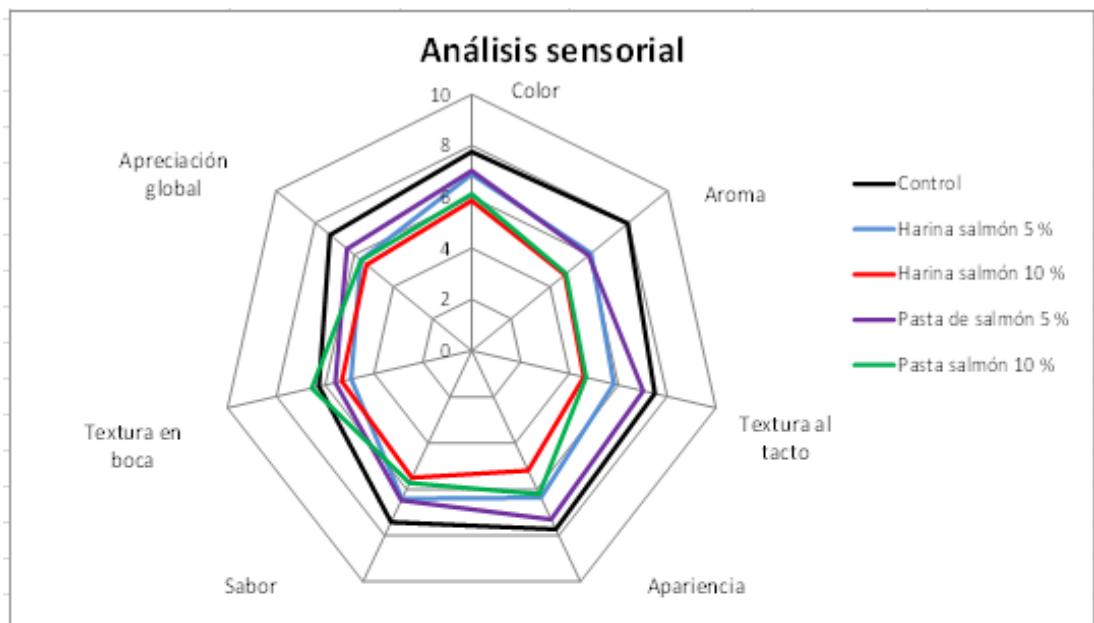


Figura 12. Análisis sensorial de los panes elaborados utilizando merluza como sustituto en forma de harina y de pasta, con diferentes porcentajes (5 y 10 %). Diferentes letras en cada fila representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%.



	Control	Harina de salmón		Pasta de salmón	
		5%	10%	5%	10%
Color	7,76 ± 0,34a	6,88 ± 0,44ab	5,85 ± 0,69b	7,01 ± 0,44ab	6,105 ± 0,586b
Aroma	7,96 ± 0,94a	6,09 ± 0,47b	4,75 ± 0,61c	5,96 ± 0,56b	4,82 ± 0,49c
Textura al tacto	7,495 ± 0,402a	5,82 ± 0,48b	4,59 ± 0,65c	7,02 ± 0,45a	4,69 ± 0,61c
Apariencia	7,73 ± 0,36a	6,35 ± 0,46b	5,19 ± 0,59c	7,3 ± 0,3a	6,21 ± 0,71b
Sabor	7,421 ± 0,504a	6,4 ± 0,5ab	5,5 ± 0,7b	6,48 ± 0,53ab	5,73 ± 0,59b
Textura en boca	6,25 ± 0,52a	4,93 ± 0,51b	5,326 ± 0,501b	5,59 ± 0,56ab	6,55 ± 0,55a
Apreciación global	7,24 ± 0,44a	5,67 ± 0,41b	5,37 ± 0,73b	6,37 ± 0,49ab	5,65 ± 0,47b

Figura 13. Análisis sensorial de los panes elaborados utilizando salmón como sustituto en forma de harina y de pasta, con diferentes porcentajes (5 y 10%). Diferentes letras en cada fila representan diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%.

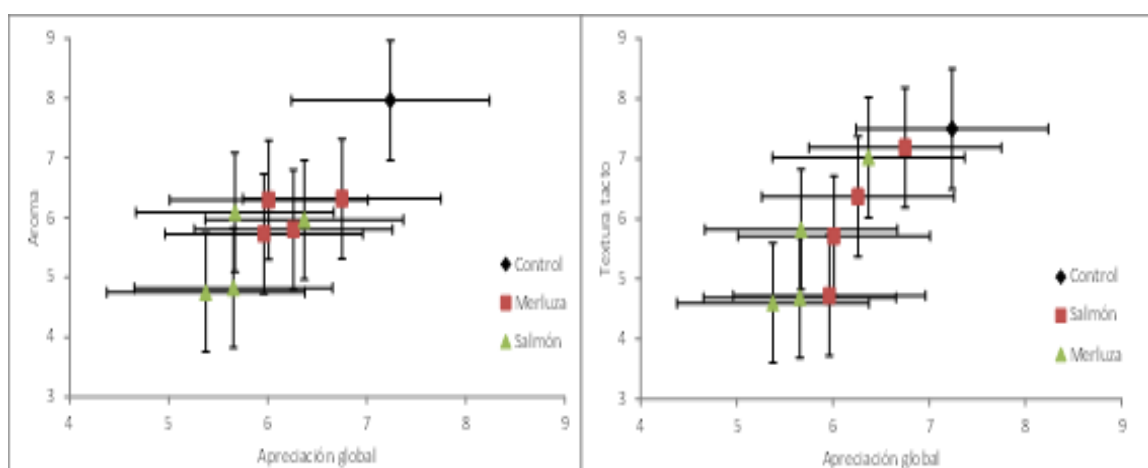


Figura 14. Relación de la apreciación global con el aroma (izquierda) y con la textura en boca (derecha) evaluada por los consumidores.

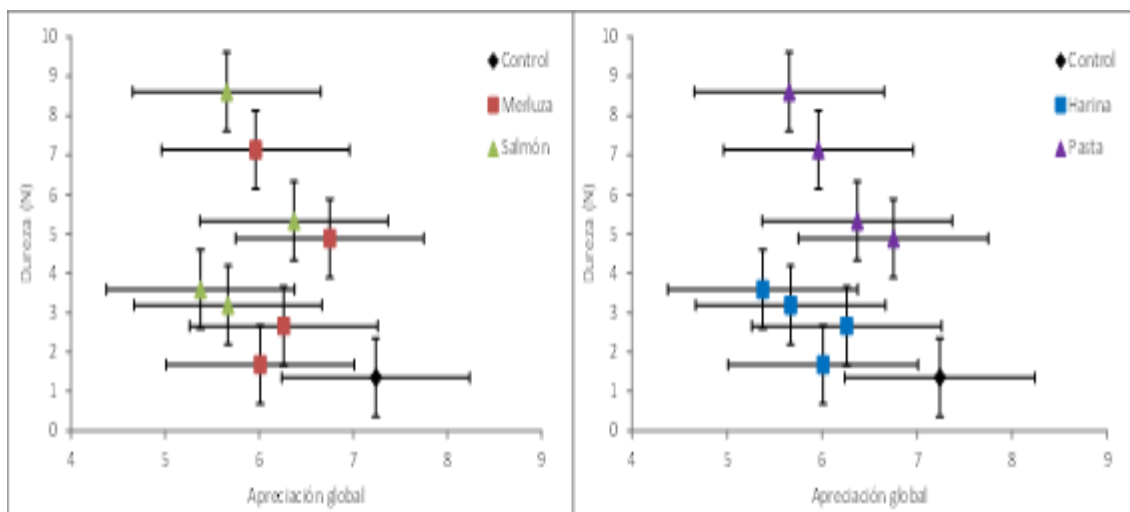


Figura 15. Relación entre la apreciación global evaluada por los consumidores y la dureza evaluada mediante análisis instrumental.

5. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos al sustituir parcialmente la harina de trigo por diferentes sustitutos (salmón y merluza) en diferentes porcentajes (5 % y 10 %) podemos concluir que se puede llegar a igualar el rendimiento productivo del pan control, incluso superarlo en alguna de las etapas del procesado. El análisis de la fermentación mostró que los pescados tratados térmicamente e incorporados en forma de harina provocaban mayores incrementos en la altura de la masa durante la fermentación, alcanzando alturas similares a las del control. La adición de pescado a las diferentes formulaciones favoreció en todo caso la capacidad de retención de agua de los panes durante el horneado, siendo esta capacidad mayor al añadir el pescado en forma de pasta sin tratar térmicamente. El análisis de textura, a pesar de influir negativamente en la mayoría de parámetros el primer día, consiguió retrasar los efectos del envejecimiento del pan y mejorar al pan control en días posteriores.

En lo que respecta al análisis sensorial de los panes, la adición de pescado influyó negativamente en los parámetros evaluados, especialmente en el sabor y aroma, siendo mayor el rechazo por el consumidor en los panes con salmón en su formulación.

Nuevos estudios son necesarios con la finalidad de evaluar nuevos pescados que sean interesantes desde un punto de vista acuícola, así como desde el punto de vista de corregir aspectos negativos observados en el presente estudio.

6. Bibliografía

- AOAC. (1991). Official Methods of Analysis. 16th ed. Arlington
- APRO N.J.; RODRÍGUEZ, J.; ORBEA M.M. y PUNTIERI M.V. (2004). Desarrollo de harinas
- BAIANO, A.; ROMANIELLO, R.; LAMACCHIA, C.; LA NOTTE, E. (2009). Physical and mechanical properties of bread loaves produced by incorporation of two types of toasted durum wheat flour. *Journal of Food Engineering*. 95, 199-207.
- BENNION E.B. Y BAMFORD G.S.T. (1997). Baking fats. *The Technology of Cake Making*, Bent A.J. (Ed.). Blackie Academic and Professional.
- BRESSANI, R.; BRAHAM, J.E.; ELÍAS, L.G.; CUEVAS, R. Y MOLINA, M.R. (1978). Protein *Journal of Food Science*. 43, 1563-1565.
- CAUVAIN, S.; YOUNG, L.; (2006). La naturaleza de la estructura de los productos de panadería. *Productos de panadería. Ciencia, Tecnología y Práctica*. Acribia, S.A, Zaragoza, España. 251 pp.
- CAUVAIN, P.; STANLEY y YOUNG, L. (2002) *Fabricación de pan*. Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 1 - 4, 16 - 19, 294.
- CEREZAL, P.; CARRASCO, A.; PINTO, K.; ROMERO, N. Y ARCOS, R. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia* 32, 857-864
- DEL VALLE, F. (1970). Una contribución a la solución del problema de la desnutrición de proteínas en México: un método nuevo para la conservación rápida y barata del pescado. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). México. Buenos Aires.
- FAO. (1961). Alimentación. Futura evolución de la producción y utilización de la harina de pescado. Vol II. Roma. Italia.
- FAO. (1975). La producción de harina y aceite de pescado. Roma. Italia.
- FLANDER, L.; SUORTTI, T.; KATINA, K.; POUTANEN, K. (2011). Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread. *LWT. Food Science and Technology* 44, 656-664
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Visto 3 de julio de 2015. <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm>

GRAND R . AND J. SUTPHEN. (1987). Diet and brain function: Available information and misinformation. Pediatric Nutrition. E.E.U.U.

INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). (2002). La galleta escolar nutricionalmente mejorada. Notas Técnicas PP/NT/005

Informe 2013 sobre Producción, Industria, Distribución y Consumo de Alimentación en España. Visto 3 de julio de 2015:

http://www.mercasa.es/noticias/post/informe_2013_sobre_produccion__industria__distribucion_y_consumo_de_alimentacion_en_espana

MEDINA, R. (1993). Implementación del sistema de análisis de riesgos y control de puntos

MERCOLA.COM, TOME CONTROL DE SU SALUD, visto 3 de julio de 2015. <http://espanol.mercola.com/boletin-de-salud/como-el-pan-de-harina-blanca-refinada-afecta-su-salud.aspx>

NOORT, M.; VAN HAASTER, D.; HEMERY, Y.; SCHOLS, H.; HAMER, R. (2010). The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality e Evidence fibree protein interactions. Journal of Cereal Science 52, 59 - 64.

LÓPEZ, P.; BOATELLA, J.; Rafael CODONY, R. (2004). Química y Bioquímica de los alimentos II (eBook) Edicions Universitat Barcelona. pp. 90-95.

Real Decreto 1137/1984, de 28 de marzo, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Fabricación, Circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales. Visto 3 de julio de 2015:

<http://www.boe.es/buscar/pdf/1984/BOE-A-1984-13859-consolidado.pdf>

RIZZELLO, C.G.; CALASSO, M.; CAMPANELLA, D.; DE ANGELIS, M.; GOBETTI, M. (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. International Journal of Food Microbiology 180, 78–87.

ROJAS, S. (1979). Nutrición Animal Aplicada. Ed. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima

TONG, Q.; ZHANG, X.; WU, F.; TONG, J.; ZHANG, P.; ZHANG, J. (2010). Effect of honey powder on dough rheology and bread quality. Food Research International 43, 2284-2288.

TORNBERG, E. (2005). “Effects of heat on meat proteins-Implications on structure and quality of meat products”. Meat science 70, 493-508

ZALDIVAR, J. (1996). La calidad de la harina de pescado y sus formas de control. Revista Chile Pesquero N° 95. Noviembre. pp. 47-50.