

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



MEJORA DE MASAS PANARIAS INTEGRALES BAJAS EN SODIO

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

ALUMNO/A: DÑA. SANDRA CAMARERO PAVIA

TUTOR/A: D. RAÚL GRAU MELÓ

DIRECTOR EXPERIMENTAL: D. SAMUEL VERDÚ AMAT

Curso Académico: 4º CURSO DE CARRERA

VALENCIA, 30 DE JUNIO DE 2014



MEJORA DE MASAS PANARIAS INTEGRALES BAJAS EN SODIO

En el presente trabajo se ha planteado el uso de *Salvia hispánica* (Chía) para la mejora del procesado de masas panarias integrales bajas en sodio. Para ello se evaluó la mejor combinación de salvado (harina integral) y chía que mejore el rendimiento productivo del pan, así como la incidencia del uso de 2 sustitutos comerciales de la sal. El análisis de imagen 3D de la fermentación, así como los fisicoquímicos realizados a los panes una vez elaborados, mostraron que la formulación realizada con un 13% de salvado y un 4% de Chía es la que presenta el mejor resultado, llegando a igualar el obtenido por panes donde se utiliza harina refinada. Los resultados obtenidos para los sustitutos comerciales empleados si bien no influyeron en las variables de procesado evaluadas, sí que influyeron negativamente sobre la apreciación global de los panes como consecuencia de los atributos evaluados ligados al sabor (intensidad de salado, sabor residual y aceptación del sabor salado).

Palabras clave: pan integral, Chía, reducción de sodio, fermentación, sustitutos comerciales

In this study *Salvia hispánica* (Chia) has been used for the improvement of wholemeal low sodium doughs yield. It was evaluated the best combination of bran (wholemeal flour) and Chia for the improvement of dough yield, and the incidence of two salt commercial substitutes. With 3D image analysis and other psychochemical analysis made to breads once elaborated, it showed that the formulation with 13% of bran and 4% of Chia is the best which has the best results. It equalizes the refined flour doughs results. The results obtained with the use of salt substitutes did not influence the process variables studied, but they have a little negative influence in sensorial aspects, like salty taste intensity, aftertaste and salty taste acceptance.

Key words: wholemeal bread, Chia, low sodium content, fermentation, commercial substitutes

Alumna: Sandra Camarero Pavia

Valencia, 30 de Junio del 2014

Director Académico: Raúl Grau Meló

Director Experimental: Samuel Verdú Amat

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por tener tanta paciencia conmigo y haberme apoyado siempre con mis decisiones. A mi padre, por haberme dicho una y otra vez que tuviese paciencia y que aprovecharse todas las oportunidades que me ofrecían el realizar este trabajo. A mi madre, por haberse implicado tanto, incluso por ayudarme a buscar información cuando yo estaba bloqueada. A mi abuelo por emocionarse tanto y ayudarme prestándome trozos de sus tierras para plantar la Chía y estudiar de cerca su crecimiento.

A Samu, que ha estado ahí todos los días ayudando, soportándonos y dándonos múltiples consejos. A Raúl, que ha sido un gran tutor.

A Diego, mi compañero de laboratorio, porque aunque haya hecho otro proyecto, ha compartido conmigo equipo de elaboración, horas y simpatía.

A Chema, por ser mi ‘informático y crítico’ particular.

A todos ellos, gracias.

ÍNDICE TEMÁTICO

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	6
3. Materiales y métodos.....	6
3.1 Plan de trabajo.....	6
3.2 Materias primas.....	8
3.3 Proceso de elaboración.....	9
3.3.2 Elaboración de la masa.....	9
3.3.3 Fermentación y horneado del pan.....	10
3.4 Análisis y estudios realizados.....	10
3.4.1 Control del proceso de fermentación de las masas.....	10
3.4.2 Pérdidas de peso durante el horneado.....	11
3.4.3 Medida de la textura de los panes elaborados.....	11
3.4.4 Análisis sensorial.....	11
3.4.5 Análisis estadístico.....	12
4. Resultados y discusión.....	13
4.1 Estudio de la relación salvado/Chía al incorporar a la harina refinada...	13
4.1.1 Estudio de la fermentación de las masas.....	13
4.2 Estudio del efecto de diferentes sustitutos comerciales de la sal sobre la formulación obtenida.....	18
4.2.1 Estudio de la fermentación de las masas.....	18
4.2.2 Análisis sensorial de los panes.....	20
5. Conclusión.....	21
6. Bibliografía.....	21
ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de elaboración del pan.....	3
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan y pruebas realizadas en el trabajo.....	8
Figura 3. Dispositivo de análisis de imagen tridimensional basado en la luz estructurada.....	11
Figura 4. Evolución del área de las masas elaboradas con harina de trigo refinada, integral con 13% de salvado y con 23,5% de salvado.....	13
Figura 5. Evolución del área de las masas de harina de trigo refinada, integral con 13% de salvado e integral con 13% de salvado más harina de Chía al 4,8 y 16%.....	13
Figura 6. Evolución del área de las masas de harina de trigo refinada, integral con 23,5% de salvado e integral con 23,5% de salvado más harina de Chía al 4,8 y 16%.....	14
Figura 7. Resultados de las propiedades de textura analizadas con sus respectivas desviaciones.....	18
Figura 8. Evolución del área de las masas de harina de trigo refinada, integral con 13% de salvado y un 4% de Chía, con sal, sin sal con los dos sustitutivos comerciales testados.....	19
Figura 9. Análisis sensorial de los panes integrales elaborados con un 13% de salvado sin y con Chía (4%).....	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la harina, del salvado y de la Chía.....	9
Tabla 2. Medias, desviaciones y diferencias significativas entre las formulaciones.....	14
Tabla 3. Porcentajes globales de pérdida de masas en las formulaciones...	16
Tabla 4. Medias de áreas máximas alcanzadas, desviaciones y resultados estadísticos de las masas al 13%, con 4% de Chía, con presencia o no de sal y con los sustitutivos.....	20

1. INTRODUCCIÓN

El sector de los cereales y su transformación es uno de los más importantes a nivel mundial en cuanto a la cuota de mercado en la industria alimentaria, puesto que sus productos derivados forman parte de la dieta básica diaria de la mayoría de la población.

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, siendo de estos el trigo el cereal con más usos, tanto en la industria alimentaria como en otras industrias de elaboración de subproductos.

Los cereales son originarios de zonas templadas y subtropicales, pertenecientes a la familia de las gramíneas. Su estructura morfológica está constituida por un tronco con estructura de caña, con espiga o panícula en la parte terminal, que proporciona unos granos o semillas que se utilizan como aprovechamiento principal de la planta para la alimentación tanto humana como animal. Los granos o semillas están formados por diversas estructuras, la cáscara, la estructura más externa y dura, constituida por fibras vegetales y con la función de proteger a la semilla; la testa, una capa externa laminar que suministra al grano nutrientes y vitaminas; el endospermo, que envuelve al embrión y le suministra nutrientes y la estructura más interna, el embrión, a partir del cual se desarrolla una nueva planta (www.fao.org).

Los cereales se caracterizan por adaptarse con facilidad a los distintos tipos de suelos y a diferentes condiciones climáticas, por esta razón es un tipo de cultivo muy utilizado en todos los países (Lafiandra *et al.*, 2014).

Se aprovecha el grano como producto principal, pero el resto de la planta también se utiliza como subproducto, principalmente como alimento de los rumiantes al ser una fuente principal de celulosa, así como para cama para el ganado. También se está utilizando como una fuente de energía renovable, como biomasa.

El comercio internacional de cereales tiene un gran peso dentro del comercio de productos agrarios, tanto por el volumen y el número de operaciones comerciales, como por su valor estratégico. En España la demanda es tan grande que la producción nacional no llega a cubrir las necesidades internas, tanto es así que se tiene 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 concreto, 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, por el contrario, 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.

Aunque el rendimiento en la producción se haya visto aumentado en los últimos años, existe un factor a tener en cuenta, y ese es la variabilidad de producción durante todo el año, causada principalmente por las condiciones climáticas que se han caracterizado por ser mucho más adversas en cuanto a las sequías y a las temperaturas.

Teniendo en cuenta todo lo nombrado anteriormente, y consultando las bases oficiales de información del estado, como MAGRAMA.GOB.es, se puede decir que el sector de los cereales (excluido el arroz), con un valor de producción de 3.216 millones de euros, representó en 2009, el 8,6% de la PRA (Producción de la Rama Agraria) y el 14% de la PRV (Producción de la Rama Vegetal).

Dentro del sector cerealístico se encuentran los llamados ‘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).

Tanto el pan como las galletas, bollería y pastelería son alimentos demandados por un porcentaje notable de hogares y, por tanto, aparecen frecuentemente en el consumo alimentario. Al mismo tiempo, durante los últimos años se ha producido una proliferación de nuevas variedades en este conjunto de productos y con ella también el aumento de la demanda de nuevos productos. 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 un 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.

Estos datos nos muestran la importancia de este sector en el consumo y la alimentación española. Según expresó en una reciente publicación (mayo de 2014) Felipe Ruano, presidente de AEMAC (Asociación Española de la Industria de la Panadería, Bollería y Pastelería), el sector atravesaba un buen momento tras un aumento del 2,8% del consumo de pan en España,

según los últimos datos del Panel de Consumo presentados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Entre las distintas ramas del sector de los productos de panadería, destacamos la producción de pan. El pan, junto a otros alimentos frescos, está entre las partidas más demandadas por los hogares españoles configurándose como el alimento con la frecuencia más elevada tanto de compra como de consumo. 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 cerevesiae*. En el siguiente esquema se muestra el proceso de elaboración de pan:

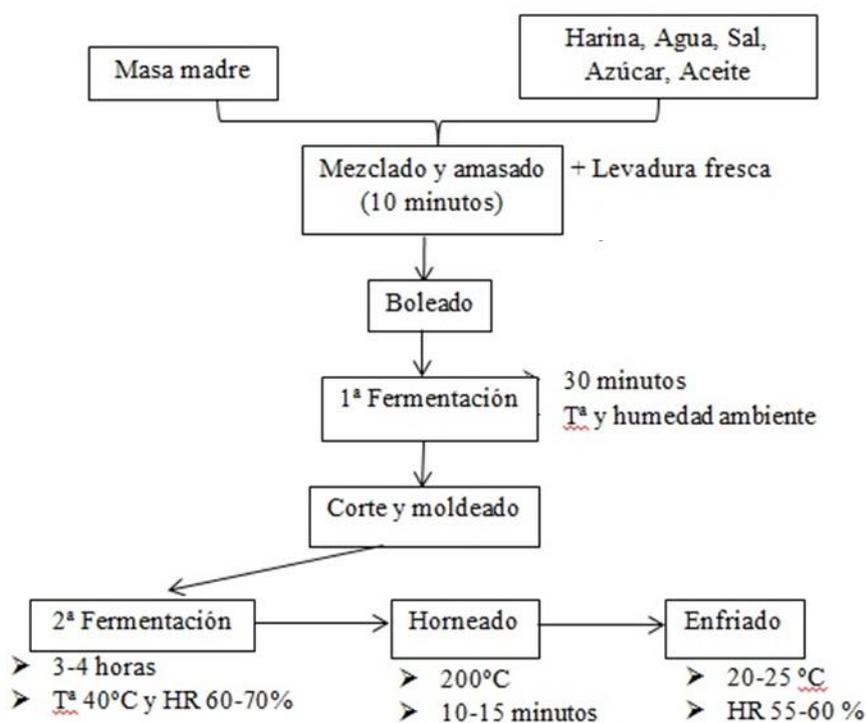


Figura 1. Diagrama de elaboración del pan

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 principal problema de la consumición de 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. Esta deficiencia se relaciona con una amplia gama de enfermedades (Mercola, 2011). Durante los últimos años, y con intención de solucionar problemas como el citado anteriormente, se han desarrollado nuevas tendencias de consumo de pan relacionadas con la salud (integral, funcional, sin sal, sin grasas, sin gluten), la conveniencia (envasado, precocinado, refrigerado), la sostenibilidad (orgánicos, sin aditivos), la diversidad étnica (heterogeneidad de cereales) o la sofisticación (diferenciación, valor añadido) (Cerdeño, 2011). Los consumidores demandan nuevos productos para transformar su dieta en una más saludable y rica en fibra (Hüttner et al., 2009), por ello, un producto muy consumido por sus propiedades nutricionales es el pan integral o pan elaborado con semillas, aquellos que por definición son elaborados con harina de trigo y en el momento de amasado se les añade salvado en una cantidad mínima de 200 g por Kg de harina (Real Decreto 1137/1984, de 28 de Marzo de 1984).

Esta gama de productos, hechos con base de trigo, además son tan solicitados por contener grandes cantidades de fibra dietética y son considerados mucho más equilibrados, sanos y recomendables que los elaborados a base de harina refinada (Rosell et al., 2009). La fibra alimentaria, aunque no es digerible por el ser humano, presenta diversas funciones en el tracto intestinal dependiendo del origen y su pretratamiento, además de aportar nutrientes importantes ausentes en el endospermo del grano. Los principales componentes son la lignina y la celulosa, aunque pueden ser otros muchos. Los efectos principales que presenta su consumo son la disminución de los niveles de colesterol en sangre y el riesgo de padecer cáncer de colon (Wang et al., 2002), aunque por otra parte su consumo excesivo (en cantidad diaria) puede afectar a la correcta absorción de determinados nutrientes y producir déficits.

Otro problema asociado a esta gama de productos es la disminución de la calidad final relacionada con su proceso de elaboración, obteniendo determinados atributos de calidad sustancialmente mermados en relación a los de pan blanco (Flander et al., 2007), los cuales suelen producir rechazo en los consumidores. En concreto, los panes integrales presentan una proporción de harina refinada menor, y con ello la cantidad de gluten presente en la fórmula también lo será. 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).

Con la finalidad de minimizar estos inconvenientes, se han realizado estudios en los que se han añadido hidrocoloides con el objetivo de sustituir parcial o totalmente el gluten (para aquellos consumidores que no puedan consumirlos) y aumentar la fuente de fibra (Martínez et al., 2014). Los hidrocoloides son un heterogéneo grupo de polímeros usados en un grupo amplio de alimentos, entre ellos los productos de panadería, las sopas o los productos cárnicos. Se caracterizan por formar emulsiones y geles cuando se mezclan con agua. Funcionan como espesantes, gelificantes, emulsionantes, estabilizantes y como controladores de la formación de cristales de hielo y azúcar. Entre los hidrocoloides más usados se encuentra la goma xantana, la goma de guar, el almidón o el algarrobo (Cevoli *et al.*, 2013). En los productos de panadería, entre otros alimentos, se usan para captar más agua, por su gran capacidad de absorción, aumentar la viscosidad del producto y crear una sensación de llenado (Morell *et al.*, 2014). Al aumentar la cantidad de agua absorbida, los volúmenes del pan también aumentan.

Otro compuesto que puede presentar las mismas características es la semilla de la Salvia hispánica, comúnmente llamado Chía. Es una planta anual herbácea que pertenece a la familia Lamiaceae, nativa del sur de México y el norte de Guatemala. La semilla de Chía, junto con el maíz, frijol y el amaranto, eran cultivos importantes para las civilizaciones de América, incluyendo a las poblaciones mayas y aztecas. La planta produce numerosas semillas blancas y negras que maduran en otoño (Capitani et al., 2012). La Chía destaca por su riqueza en componentes nutricionales como los ácidos grasos poliinsaturados, proteínas, fibra y vitaminas del grupo B. Los aceites de la semilla constituyen el 32%-39% del total, donde el 60% corresponde al ácido α -linolénico. También se caracteriza por no tener colesterol. Las semillas contienen cerca de un 20% de proteínas, mientras que otros cereales como el trigo (14%), maíz (14%), arroz (8,5%), avena (15,3%) y cebada (9,2%) las contienen en menos proporción. Son de muy fácil digestión y de rápida absorción, con lo que llegan rápido para nutrir a células y tejidos, esto hace que se produzca una rápida sensación de llenado cuando se ingieren, por ello es bastante usado en dietas. Entre los aminoácidos esenciales que contiene destaca la lisina, aminoácido limitante en los otros cereales (INKANATURA IMPORT EXPORT S.L, 2013). Pero una de las características que la hacen interesante es su capacidad de absorción de agua formando un mucílago. Dicho mucílago está formado por un polisacárido de elevado peso molecular ($0.8-2 \times 10^6$ Da) constituido por xilosa, glucosa y ácido glucurónico. Cada semilla de Chía contiene alrededor de un 6% de mucílago, caracterizado por ser de difícil extracción. (Muñoz^a *et al.*, 2012). Está situado en las células externas de la cubierta de la semilla, denominadas células mucilaginosas. Cuando las semillas entran en contacto con el agua, empiezan a crecer una fibras hacia el exterior de la semilla (fibras del mucílago) que son las

encargadas de captar las moléculas de agua y formar una película alrededor, lo que se denomina mucílago. Está testado que una muestra de 100 mg de mucílago puede absorber 2,7 g de agua, es decir, 27 veces su propio peso. Aunque este valor pueda verse modificado por la incorporación de sales o la modificación del pH y la temperatura del medio en el que se encuentran las semillas, se puede decir que el mucílago de Chía tiene una gran capacidad de absorción de agua. El procedimiento que ocurre cuando las semillas entran en contacto con el agua es muy similar al que se da en el estómago humano cuando se ingieren. El gel o película formada alrededor de la semilla va a funcionar como una barrera física entre los carbohidratos de los alimentos y las enzimas digestivas haciendo que se descompongan pero se impida el paso de polisacáridos a azúcares simples causando una sensación de llenado (Muñoz^b *et al.*, 2012).

Uno de los problemas asociados a los productos de panadería y bollería es la ingesta de sodio que se realiza con el consumo de la sal presentes en ellos. Está probado que el consumo de cloruro sódico (sal de mesa) es perjudicial para la salud. Este consumo se relaciona con diversas enfermedades como la hipertensión, las enfermedades de corazón y riñones, el cáncer de estómago, la osteoporosis o la obesidad, como indican numerosos estudios, entre ellos el de Plácido *et al.*, 2011. Es por ello que en la actualidad se trata de disminuir el contenido en sodio de los alimentos de diversas formas, entre ellas utilizando la transmisión por microondas (Chin *et al.*, 2005), el uso de sustitutivos provenientes de extractos de plantas acuosas (Lee, 2011) o de ingredientes naturales como la soja fermentada (Jimenez-Maroto *et al.*, 2013), incluso llevando a cabo técnicas como la encapsulación (Noort *et al.*, 2012).

La Unión Europea ha establecido para 2020 cinco ambiciosos objetivos en materia de empleo, innovación, educación, integración social y clima/energía. En cada una de estas áreas, cada Estado miembro se ha fijado sus propios objetivos. La estrategia se apoya en medidas concretas tanto de la Unión como de los Estados miembros. En el caso del sector alimentario, se plantea la necesidad de obtener alimentos y dietas seguras y saludables para todos; dentro de este punto, las competencias que tenemos son:

- Necesidades nutricionales y el impacto de la alimentación en las funciones psicológica y el rendimiento físico y mental
- Vinculación existente entre la dieta, el envejecimiento, las enfermedades y los trastornos crónicos y los patrones alimenticios
- Soluciones e innovaciones en la dieta que conduzcan a una mejora de la salud y el bienestar
- Contaminación química y microbiana de alimentos y piensos, y los riesgos y la exposición a la misma
- Innovación en materia de seguridad alimentaria, instrumentos mejorados de comunicación de riesgos

2. OBJETIVOS

En base a lo expuesto en la introducción, en el presente Trabajo Final de Grado se plantea como objetivo el uso de *Salvia hispánica* (Chía) para la mejora del procesado de masas panarias integrales bajas en sodio. Para ello se definen dos objetivos específicos:

- Evaluar la mejor combinación de salvado (harina integral) y Chía para que mejore el rendimiento productivo.
- Evaluar la incidencia del uso de sustitutos comerciales de la sal sobre la formulación obtenida en el anterior objetivo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Plan de trabajo

Para llevar a cabo los objetivos planteados se desarrolló el siguiente plan de trabajo.

- Estudio de la relación salvado / Chía a incorporar a la harina: para tal fin se plantea el estudio de la fermentación de masas panarias formuladas con diferentes proporciones de harina refinada + salvado + Chía mediante la técnica de imagen basada en la luz estructurada y el posterior estudio de los panes elaborados mediante análisis fisicoquímicos. Las combinaciones a evaluar son:
 - A: 100% harina refinada
 - B: 87% harina refinada + 13% salvado
 - C: 76,5% harina refinada + 23,5% de salvado
 - B-4; 83% harina refinada + 13% salvado + 4% harina de Chía
 - B-8: 79% harina refinada + 13% salvado + 8% harina de Chía
 - B16: 71% harina refinada + 13% salvado + 16% harina de Chía
 - C-4: 72,5% harina refinada + 23,5% salvado + 4% harina de Chía
 - C-8: 68,5% harina refinada + 13% salvado + 4% harina de Chía
 - C-16: 60,5% harina refinada + 13% salvado + 4% harina de Chía
- Estudio del efecto de diferentes sustitutos comerciales de sal sobre la mejor formulación obtenida anteriormente: para ello una vez definida la mejor combinación se procederá a elaborar panes con y sin los sustitutos, los cuales serán evaluados en su fermentación mediante la técnica de imagen basada en luz estructurada y una vez elaborados mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales.

Con la finalidad de recoger en un solo esquema todos los estudios realizados, y con el objeto de facilitar la comprensión del presente documento, a continuación en la figura 2 se muestra un diagrama de flujo de procesado y análisis realizados en cada momento.

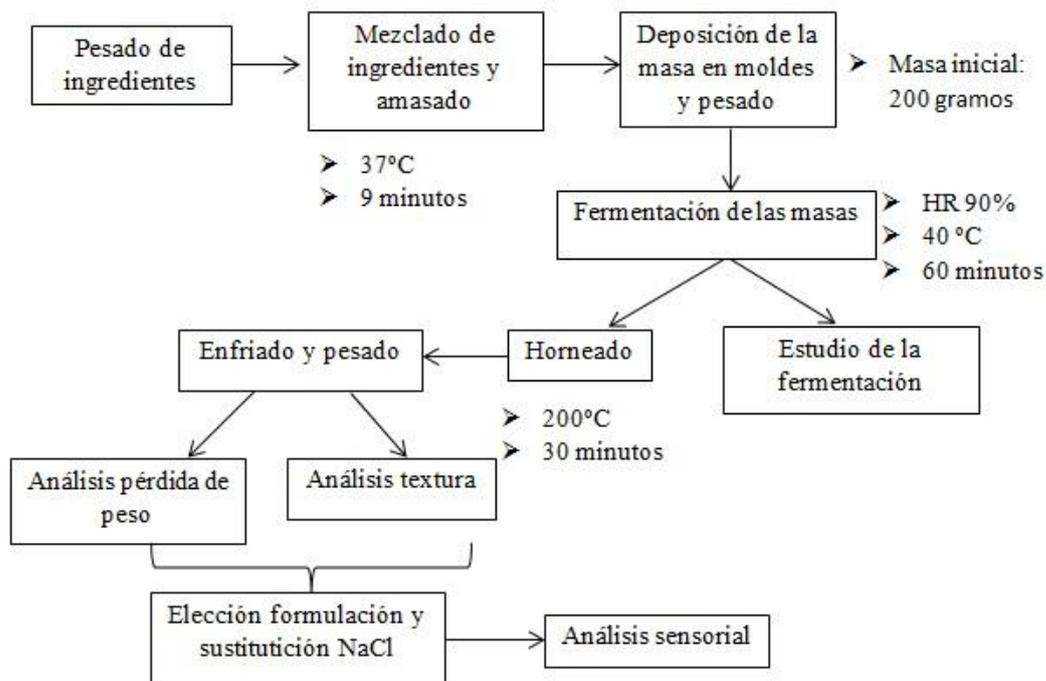


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan y pruebas realizadas en el trabajo.

3.2 Materias primas

Para la realización de las diferentes combinaciones de masas se utilizó 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. Para obtener la harina integral, la refinada se mezcló con salvado de trigo (Salvado de trigo, Panificadora de Alcalá S.L, Madrid). Además también se utilizó agua, azúcar blanco (Azucarera, AB Azucarera Iberia SLU, Madrid), sal fina seca (Sal Bueno S.L, Consum, Valencia), aceite de girasol (Coosol, Aceites del Sur-Coosur S.A, Jaén) y levadura (Lesaffre Iberica, S.A, Valladolid).

La semilla de *Salvia hispánica*, comúnmente denominada Chía, (Int-Salim, Salud e imaginación S.L, Barcelona) fue utilizada previo molido. Los dos sustitutivos de la sal utilizados son: Sustitutivo 1 (sal sin sodio, Hacendado, Jesús Navarro, S.A., Alicante), cuya composición es cloruro potásico (E-508), l-lisina monohidrocloreto, potenciador del sabor (ácido glutámico E-620), secuestrante (tartrato monopotásico E-336 i) y antiaglomerante (dióxido de silicio E-551); Sustitutivo 2 (Herbamare Diet, Bioforce España A. Vogel S.A, Barcelona), cuya composición es cloruro de potasio, 13% de plantas aromáticas y hortalizas frescas y alga marina Kelp.

La composición de la harina refinada, del salvado de trigo, así como de la harina de Chía, está recogida en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de la harina, del salvado y de la Chía

	Refinada (%)	Salvado (%)	Chía (%)
Carbohidratos	69,7	22	45,3
Lípidos	1,1	4,9	33,4
Proteínas	14,7	13,4	18,01
Humedad	14,5	10	3,3

3.3 Proceso de elaboración

3.3.1 Preparación de las harinas integrales

Para obtener la harina integral usada en la elaboración de las masas panarias se mezcló harina de trigo refinada con salvado en dos proporciones diferentes, 13% y 23,5%. Para las fórmulas con Chía el procedimiento fue el mismo pero en este caso un 4%, 8% y 16% de la harina de trigo fue eliminada y sustituida por la de Chía.

3.3.2 Elaboración de la masa

Para llevar a cabo la elaboración de la masa se usó una balanza (Kern 440 49N) 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 y el azúcar y se homogeneizó durante tres minutos y medio. Después se le añadió la levadura y se homogeneizó durante treinta segundos más. Por último, se llevó a cabo la incorporación de la harina pertinente en dos fracciones igualitarias. 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 550 revoluciones por minuto.

Una vez acabado el proceso de amasado se dispusieron 200g de masa en cada molde de fermentación de 7,5 x 17 cm, los cuales previamente fueron recubiertos con papel de plata y untados con una fina capa de aceite.

3.3.3 Fermentado y horneado del pan.

Las masas fueron fermentadas en una cámara de fermentación de condiciones controladas (KBF720, Binder, Tuttlingen, Germany) a una humedad relativa del 90% y temperatura de 40

°C. Para la primera parte del estudio, el tiempo fue ilimitado dado que es uno de los parámetros a definir (en función de cuando se alcanza la máxima subida de la masa). En la segunda parte del estudio (estudio de sustitutivos comerciales de sal) el tiempo de fermentación fue el establecido en la primera parte.

El horneado se llevó a cabo en un horno (Fagor, 2CF-3V) a 180 °C durante 30 minutos.

3.4 Análisis y estudios realizados

3.4.1 Control del proceso de fermentación de las masas

El estudio de la evolución de la fermentación de las masas se llevó a cabo mediante un dispositivo de análisis de imagen tridimensional basado en la luz estructurada (Ivorra et al. 2013) (Fig. 3). Dicho sistema está compuesto de una luz estructurada generada por un láser lineal rojo (Lasiris SNF 410, Coherent Inc. Santa Clara, California (USA)) y una cámara de captura en blanco y negro con índice de protección de 67 (IP67) y una resolución de 640x480 píxeles que es capaz de trabajar en red (In-Sight 5100, Cognex, Boston, Massachusetts (USA)). Ambos dispositivos fueron instalados dentro de la cámara de fermentación. El láser se instaló con un ángulo determinado respecto a la base del molde de fermentación, mientras que la cámara de visión se posicionó verticalmente al molde. El sistema de análisis de imagen 3D utilizado se basa en el registro de la posición del láser en cada captura de imagen durante todo el proceso. De esta forma obtuvimos una imagen cada segundo de dicho crecimiento del perfil de la masa. Las alturas de todo el perfil marcado por el láser fueron integradas para calcular el área transversal de la muestra, y con ello el incremento de esta en cada momento, el cual se usó como base de cálculo en todas las pruebas realizadas. Los datos obtenidos se transformaron en datos numéricos, los cuales fueron utilizados para el estudio, determinando el crecimiento durante la fermentación en base a las máximas áreas alcanzadas y al tiempo en que se alcanzaron. Para facilitar la representación gráfica de las curvas obtenidas, estas fueron modelizadas aplicando el modelo matemático de Gompertz.

Este estudio se realizó primero con las masas control (refinada, salvado al 13% y al 23,5%), y posteriormente con las distintas formulaciones integrales y sus respectivas sustituciones de Chía y finalmente para los panes con los sustitutivos comerciales de sal.

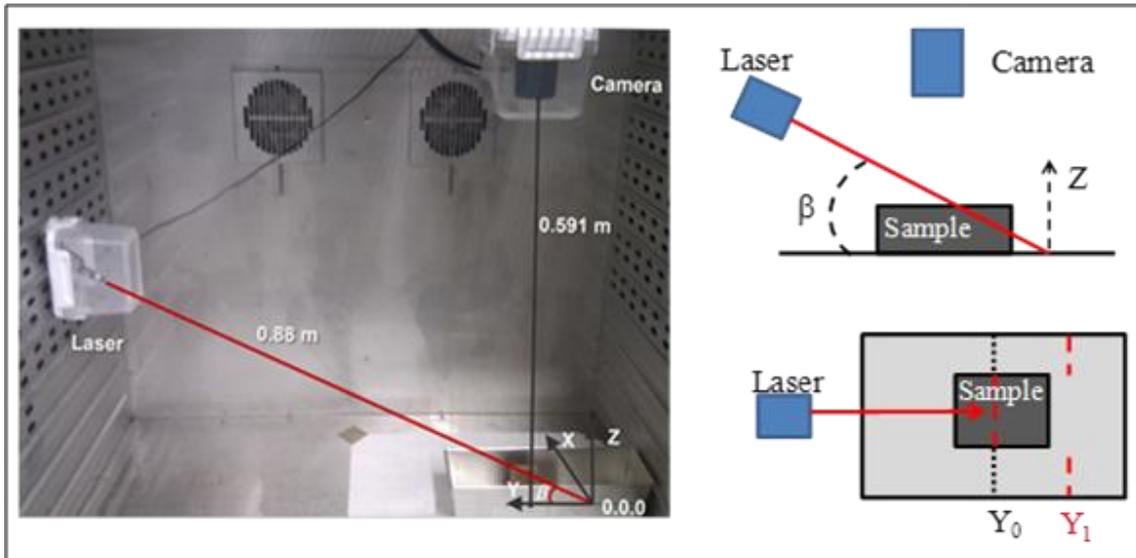


Figura 3. Dispositivo de análisis de imagen tridimensional basado en la luz estructurada (Ivorra et al. 2013).

3.4.2 Pérdidas de peso durante el horneado

Con la finalidad de evaluar cuál es la pérdida de peso y, por tanto, la retención de agua de los panes durante el horneado, las masas junto con los moldes fueron pesadas antes del horneado y después de este (una vez atemperado).

3.4.3 Medida de la textura de los panes elaborados

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 tres cilindros. Los parámetros que se estudiaron fueron la dureza, la elasticidad, la cohesividad, la masticabilidad, la gomosidad y la resiliencia.

3.4.4. Análisis sensorial

Con la finalidad de evaluar la incidencia de la Chía en los panes, así como el de los 2 sustitutivos comerciales de la sal a estudio, se plantea realizar un análisis sensorial de estos. Para ello las zonas centrales de los panes fueron divididas en láminas de 1 cm de grosor. Se

dispusieron en dos series de 3 muestras y se codificaron cada una con números aleatorios. También se estableció un orden determinado para la prueba de las muestras, con intención de que los distintos sabores no se mezclasen entre sí.

Se les pidió a los catadores que juzgaran las muestras en base a preguntas cerradas sobre diferentes atributos del producto y sobre una escala continua adimensional desde “muy desagradable” hasta “muy agradable”. El número de catadores fue de 30. En el ANEXO 1 se encuentra la hoja de evaluación que se utilizó en el análisis.

3.4.5 Análisis estadístico

Una vez obtenidos todos los resultados de los diferentes estudios, se llevó a cabo un análisis estadístico de la varianza (ANOVA) con un $p < 0.005$, utilizando el software Statgraphics (versión Centurión 16.1.15 XV) para examinar la existencia o no de diferencias significativas. En el caso en el que las diferencias fueron significativas, estas se evaluaron mediante el análisis de comparación de medias con la distribución Fisher LSD).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estudio de la relación salvado / Chía al incorporar a la harina refinada

4.1.1 Estudio de la fermentación de las masas

En primer lugar se evaluó el efecto de la incorporación del salvado de trigo en la harina sobre la cinética de crecimiento de las masas durante la fermentación. La Figura 4 recoge las curvas de la evolución del área de las tres masas formuladas; refinada, integral 13% e integral 23,5%. Como se puede observar el efecto de la incorporación del salvado fue evidente observándose diferentes velocidades de crecimiento de la masa. Con la incorporación de este se redujo la capacidad de las masas para subir, por tanto para retener gas, presentándose reducciones en los incrementos de área de hasta un 50% en el caso de la fórmula con un 23,5% de salvado respecto a la fórmula de harina refinada. La Tabla 2 muestra los resultados del área y tiempo máximo de desarrollo para cada formulación.

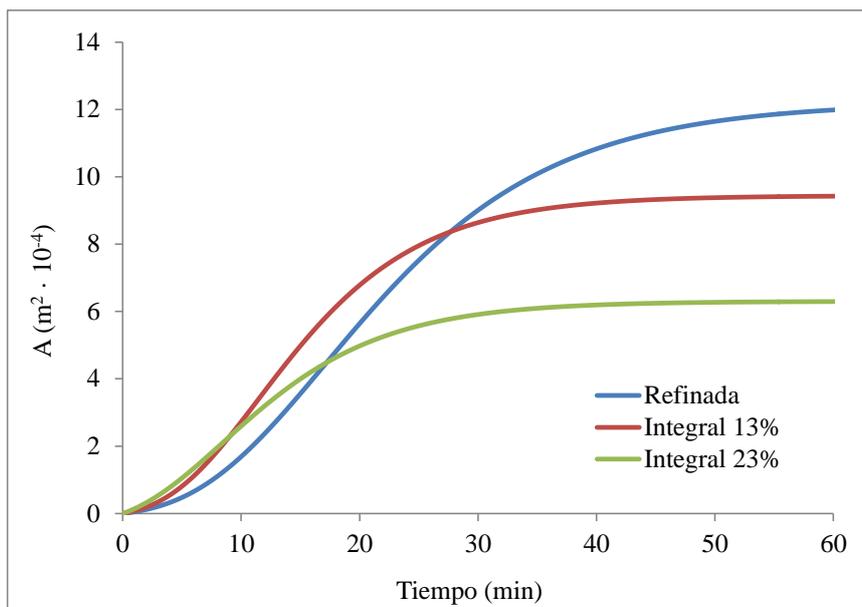


Figura 4. Evolución del área de las masas elaboradas con harina de trigo refinada, integral con 13% de salvado y con 23% de salvado.

La incorporación de Chía a las masas elaboradas con salvado al 13% (Fig. 5) a la concentración del 4 y del 8% generó una subida muy pronunciada de las masas llegando al final al área que habían alcanzado las masas elaboradas con la harina refinada. En cambio cuando la incorporación fue del 16%, ésta ya no se produjo, siendo la subida similar a las masa con el 13% salvado (Tabla 2).

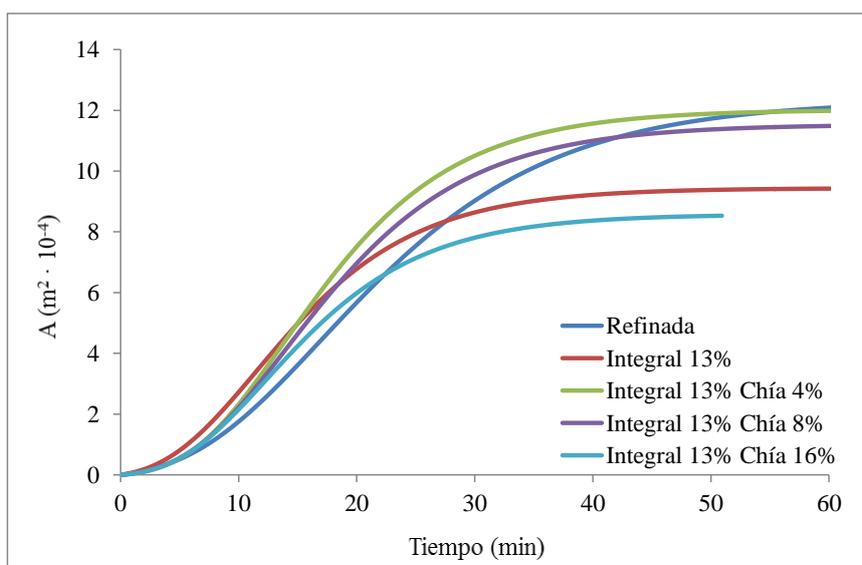


Figura 5. Evolución del área de las masas de harina de trigo refinada, integral con 13% de salvado e integral con 13% de salvado más harina de Chía al 4, 8 y 16%.

En el caso de la incorporación de Chía a la formulación de la harina integral con un 23,5% de salvado (Fig. 6), esta no generó ningún cambio significativo a excepción de la formulación con un 8%, la cual presentó un mayor crecimiento que su fórmula control (patrón), aunque no llegó a igualar a la harina refinada en ningún caso.

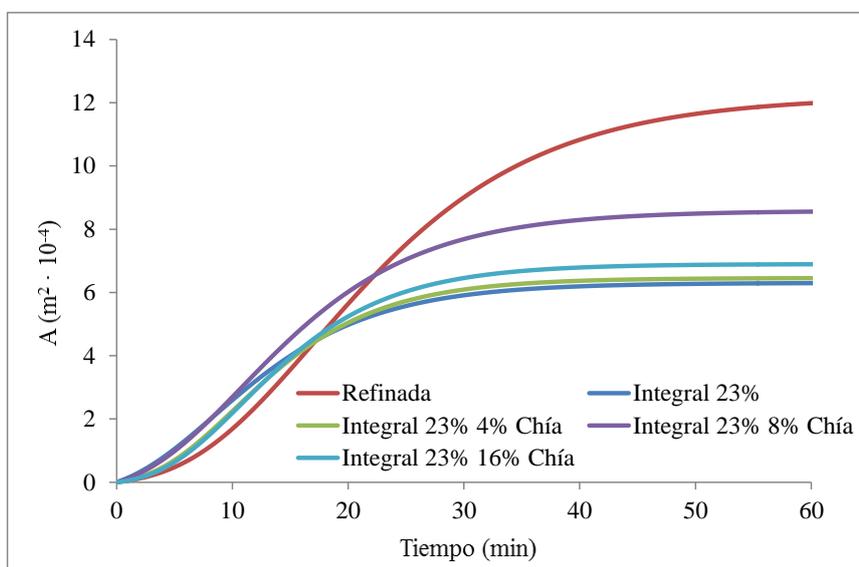


Figura 6. Evolución del área de las masas de harina de trigo refinada, integral con 23,5% de salvado e integral con 23,5% de salvado más harina de Chía al 4, 8 y 16%.

Tabla 2. Medias, desviaciones y diferencias significativas entre las formulaciones

			Área (m ² · 10 ⁻⁴)	Tiempo (min)
Refinada			11,90 ± 0,03 d	57,97 ± 0,18 d
Integral				
Salvado (%)	Refinada (%)	Chía (%)		
13	87	0	9,47 ± 1,49 c	42,73 ± 1,12 ab
23.5	76.5		6,59 ± 0,64 a	43,73 ± 1,48 ab
13	83	4	12,85 ± 0,68 c	54,27 ± 6,24 cd
	79	8	11,45 ± 0,21 c	48,00 ± 2,65 bc
	71	16	8,58 ± 0,69 cb	39,10 ± 0,24 a
23.5	72.5	4	7,14 ± 0,53 ba	40,26 ± 0,59 a
	68.5	8	8,70 ± 0,57 cb	50,39 ± 8,54 bcd
	60.5	16	6,89 ± 1,20 ba	42,15 ± 3,18 ab

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

Dentro de las causas que intervienen en las variaciones observadas, la variación del contenido de gluten en la muestra podría ser una de las principales. El gluten, presente en la harina, se forma por la combinación de dos proteínas, la glutenina y la gliadina. La glutenina está formada por un agregado de proteínas homogéneas y dota a la masa de propiedades como la resistencia o la elasticidad, mientras que las gliadinas son un conjunto de proteínas heterogéneas que aumentan la viscosidad (Wang *et al.*, 2014, Tuhumuri *et al.*, 2014). El gluten forma una estructura tridimensional impermeable a los gases que permite retenerlos durante la fermentación y esto hace que la masa aumente su volumen (Cauvain y Young., 2006). Por lo tanto, la sustitución de harina por cualquier otro componente donde el gluten está ausente reducirá la proporción de éste en la fórmula final afectando así a su capacidad de retención de gas, (Noort *et al.*, 2010), viéndose afectado así la velocidad de desarrollo de la masa y con ello, en este caso, el incremento de área alcanzada y tiempo de desarrollo máximo.

Por otra parte, el efecto ejercido por la Chía probablemente sea debido a la gran capacidad de absorción de agua que presenta el mucílago alojado en su recubrimiento externo, el cual es capaz de formar un hidrocoloide muy estable que refuerza la red tridimensional de gluten (Inglett *et al.*, 2014), mejorando la capacidad de retención de gas y así pudiendo corregir las pérdidas de dicha propiedad mermadas con la sustitución de la harina de trigo.

Estudio de la pérdida de peso

Las pérdidas de peso ocurridas durante el proceso de horneado fueron estudiadas y se recogen en la Tabla 3. Como se puede apreciar la incorporación del salvado no influyó en la pérdida de peso. En cambio la incorporación de la Chía sí que hizo que la pérdida de peso fuese menor y estadísticamente independientemente de la cantidad añadida. En el caso de la incorporación de la Chía al pan integral elaborado con un 13% de salvado no se vio una tendencia del incremento de pérdida de peso, las pérdidas en las tres formulaciones se mantuvieron estables, pero en el caso de los elaborados con una incorporación del 23,5% de salvado, sí que apareció una tendencia creciente de pérdida de masa, al aumentar la cantidad de harina de Chía incorporada, también lo hizo la pérdida de peso.

Para analizar las pérdidas de peso de las muestras es necesario tener en cuenta la capacidad de retención de agua de sus componentes, así como el volumen alcanzado y por lo tanto las diferencias en el efecto del mismo tratamiento térmico entre ellos. Según se ha estudiado por diferentes autores, la presencia de hidrocoloides en las masas ejerce el efecto de incrementar la retención de agua (Moreira *et al.*, 2013), es por ello que los panes elaborados con la harina de Chía perdieron menos peso al tener retenida mayor cantidad de agua. Por otra parte, el grado de sustitución alcanzado en las fórmulas del 23,5% podría haber sido excesivo en cuanto a

presencia de gluten y almidón, los cuales ejercen también un efecto fundamental en la retención del agua en la masa. La reducción extrema en estos casos puede haber influenciado en la pérdida paulatina de peso al aumentar la cantidad de harina de Chía en los panes con salvado al 23,5%.

Tabla 3. Porcentajes globales de pérdida de masa en las formulaciones

			Pérdida de peso (%)
Refinada			24,85 ± 0,68a
Integral			
Salvado (%)	Refinada (%)	Chía (%)	
13	87	0	24,59 ± 1,28a
23,5			24,95 ± 2,86a
13	83	4	19,69 ± 0,21b
	79	8	20,22 ± 0,35b
	71	16	19,01 ± 0,52b
23,5	72,5	4	18,28 ± 0,44b
	68,5	8	19,81 ± 0,04b
	60,5	16	20,77 ± 0,36b

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

Estudio de la textura

Los estudios de textura realizados sobre los panes elaborados con las diferentes formulaciones testadas se muestran en la Figura 7. En ella se muestra la media y las desviaciones LSD del análisis de la varianza (ANOVA) de múltiple factor y con un nivel de significación del 95%.

Los valores de dureza (fuerza máxima que tiene que ejercer la prensa en la primera etapa de deformación (Rizzello *et al.*, 2014)), gomosidad (producto entre la fuerza y la cohesividad (Tong *et al.*, 2010)) y masticabilidad (producto de firmeza x cohesividad x elasticidad (Osuna *et al.*, 2013)) obtenidos para los ensayos mostraron un comportamiento muy parecido. Como se puede observar en la figura 7, en los tres casos la incorporación del salvado hizo que aumentase la dureza, siendo este incremento muy acentuado cuando la incorporación fue del 23,5%. La incorporación de Chía sobre la harina con un 13% de salvado no generó ningún cambio sobre los valores de estos parámetros en el pan, si en cambio cuando se incorporó a la harina con un 23,5% de salvado, haciendo que los valores fueran menores, independientemente de la cantidad de chía incorporada. Según diversos estudios, entre ellos el de Mís *et al.*, 2012, determinan que

los panes realizados con harinas integrales presentan menores volúmenes, sabores más pobres en comparación con los panes tradicionales, y miga más compacta y gomosa.

La elasticidad se usa para definir la eficacia que tiene un material para recuperar su forma inicial después de haber ejercido una fuerza sobre él. Como se observa (Fig. 7), la incorporación de salvado hizo que esta decreciera, no evidenciándose un efecto significativo con la adición de la Chía, si bien en el caso de la harina integral con un 23,5% de salvado la Chía hizo que aumentase el valor de elasticidad.

La cohesividad representa la capacidad de un material para soportar una segunda deformación (tras el segundo ciclo de prensado del TPA). En este caso, al igual que ocurría con la elasticidad, la incorporación del salvado hizo que decreciese el valor de esta. Si bien la adición de Chía hizo que aumentase inicialmente el valor de cohesividad, aunque esta no fuese estadística, un incremento mayor de Chía lo decreció, para llegar a ser inferior a la de los respectivos patrones (integral con 13% o con 23,5% de salvado respectivamente) con una incorporación de chía al 16%.

Finalmente la resiliencia expresa la capacidad de un material para recuperar su forma original (Rizzello *et al.*, 2014). Se reflejó como la incorporación del salvado al 13% no afecta a este parámetro, sí en cambio la incorporación del 23,5%, que hizo que los valores obtenidos en el pan bajaran. La incorporación de Chía en un 4% hizo que se incrementasen los valores de la resiliencia, obteniéndose el mayor para la combinación con un 13% de salvado. En cambio, al igual que ocurría con la cohesividad, al incrementar la cantidad de Chía al 8 y 16%, los valores de resiliencia decrecieron, llegando a ser incluso inferiores a sus respectivos patrones.

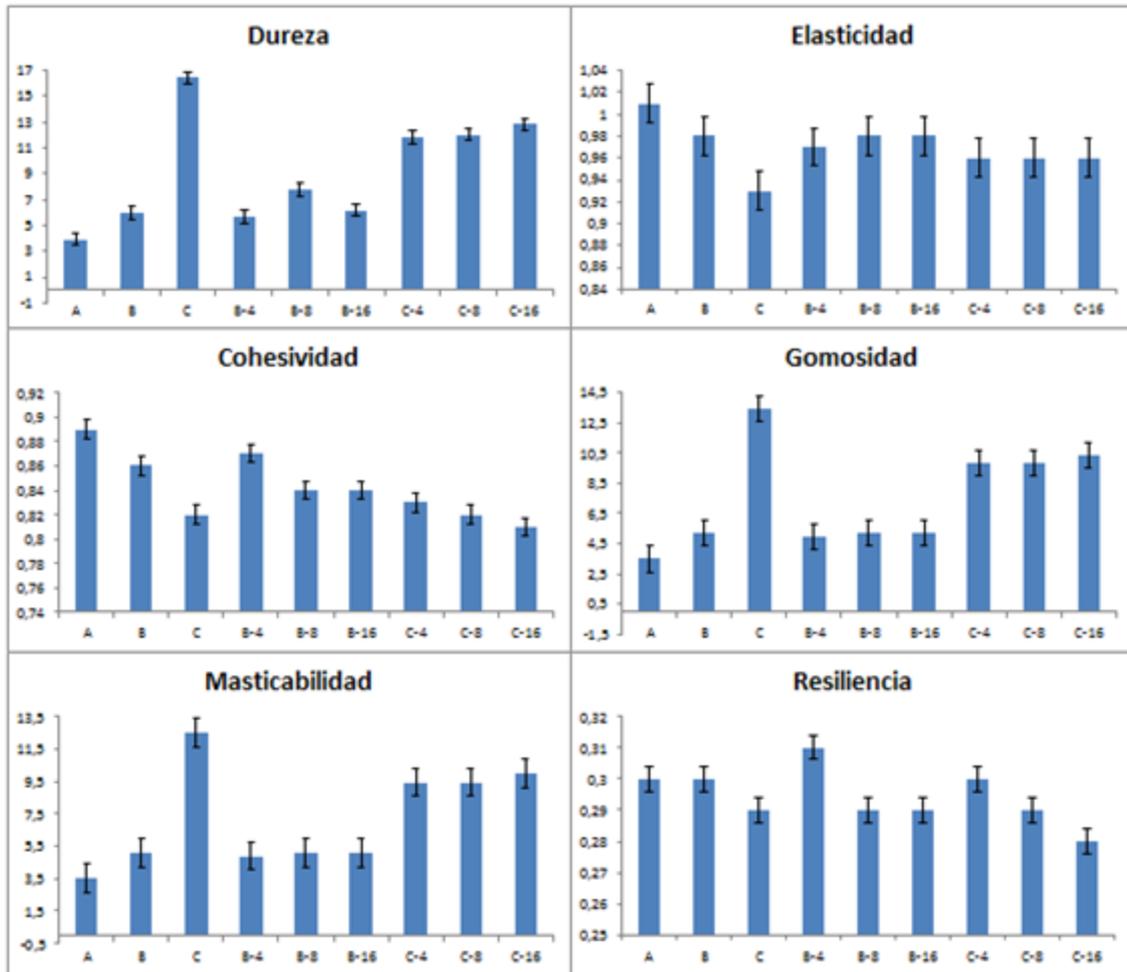


Figura 7. Resultados de las propiedades de textura analizadas con sus respectivas desviaciones

4.2. Estudio del efecto de diferentes sustitutos comerciales de sal sobre la formulación obtenida.

4.2.1 Estudio de la fermentación de las masas

En base a los resultados obtenidos hasta el momento y atendiendo a la reducción del coste y el posible efecto organoléptico, se escogió la formulación integral al 13% con una incorporación de Chía al 4%; si bien la formulación con un 8% de Chía añadida también hubiera podido ser interesante.

Una vez establecida la formulación se procedió a realizar el estudio de los sustitutos de la sal. Para ello se elaboraron masas sin sal, y con los dos sustitutos comerciales a evaluar. En la Figura 8 se representa el crecimiento de las distintas masas durante la formulación.

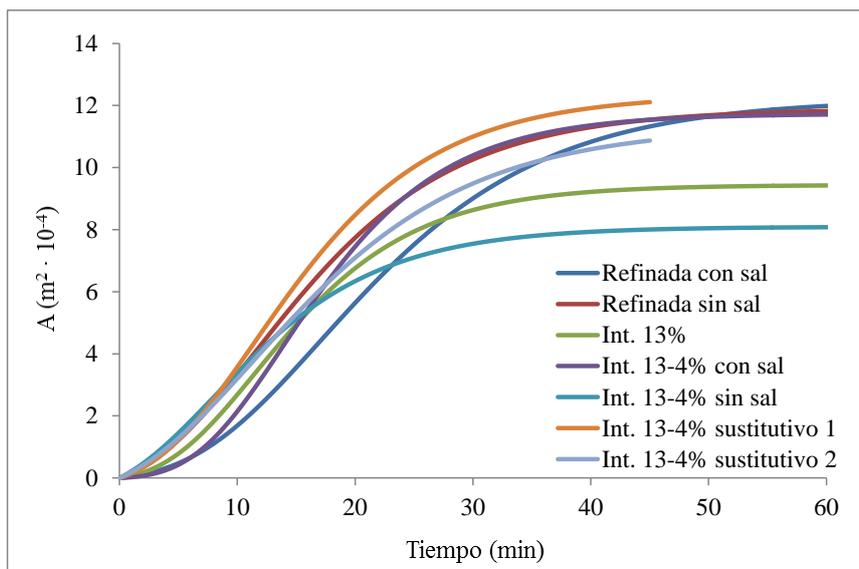


Figura 8. Evolución del área de las masas de harina de trigo refinada, integral con 13% de salvado y un 4% de Chía, con sal, sin sal y con los dos sustitutivos comerciales testados.

Como se observa en la figura 8, cuando se elimina la sal de la formulación, si bien en el caso de las masas elaboradas con la harina refinada la mayor área fue la obtenida para la masa sin sal (Tabla 5), en las masas con Chía no fue así. Este efecto puede ser debido a las funciones de la sal en la formación de la masa, entre las cuales se encuentra la de intervenir en la formación de la red de gluten y el control de la expansión del pan durante la fermentación (Mondal y Datta, 2008). Si el agua que se añade a la fórmula lleva sal, se reduce la solubilidad de la gliadina y aumenta la cantidad disponible para unirse a la glutenina y formar el gluten, con lo que el crecimiento final será mayor. Por el contrario si la sal se elimina, la gliadina se disuelve en agua y existirá en menor proporción para formar el gluten, lo que se traduce en una reducción del volumen durante la fermentación, como se puede observar en la curva de la masa integral 13-4 sin sal (Tuhumury *et al.*, 2014). En el caso de las masas con harina refinada, la mayor subida de la masa sin sal podría ser debido a otro factor influyente de la sal: la limitación de la actividad de la levadura, es decir, la sal actuará como una barrera frente a la fermentación. Si se elimina este componente, la levadura no tendrá límites para realizar la fermentación (Plácido *et al.*, 2012).

La aplicación de ambos sustitutivos a las masas con 13% de salvado y 4% de Chía hizo que la subida de los panes fuese la misma que la observada para los mismos panes elaborados con sal, así como para los elaborados con harina refinada (Tabla 4). Así pues desde un punto de vista tecnológico se podrían utilizar estos sustitutivos sin que ello repercuta en el rendimiento que supone no usar sal en la elaboración de este tipo de pan.

Tabla 4. Medias de áreas máximas alcanzadas, desviaciones y resultados estadísticos de las masas al 13%, con 4% de Chía, con presencia o no de sal y con los sustitutivos.

	Área (m ² · 10 ⁻⁴)	Tiempo (min)
Refinada sal	12,23 ± 0,03 ab	57,97 ± 0,18 d
Refinada sin sal	13,1 ± 2,55 ab	49,02 ± 1,29 bc
Int. 13%	9,97 ± 1,49 c	42,73 ± 1,12 a
Int.13-4% con sal	13,12 ± 0,68 ab	54,27 ± 6,24 cd
Int 13-4% sin sal	9,35 ± 1,20 d	53,14 ± 4,89 cd
Sustitutivo 1	12,4 ± 1,83 a	44,1 ± 2,82 ab
Sustitutivo 2	11,59 ± 1,38 b	49,07 ± 1,22 bc

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

4.2.2 Análisis sensorial de los panes

Finalmente, y con la finalidad de evaluar la incidencia de la Chía en los panes, así como el de los 2 sustitutivos comerciales de la sal, se realizó un análisis sensorial de estos. Para ello se evaluó la apariencia, color de la miga, olor, intensidad de sabor salado, sabor residual, aceptación de sabor, textura al tacto, textura en boca y aceptación global.

Una vez obtenidos y procesados todos los datos, se representaron en una gráfica radial (Fig. 9). Como se puede observar la muestra mejor evaluada fue la que presentó solo el salvado, si bien la incorporación de la chía solo hizo descender ligeramente la aceptación de los consumidores como consecuencia de las pequeñas variaciones en el color y el olor. En cambio el efecto de la sal fue muy influyente reduciendo la aceptación de los consumidores como consecuencia principalmente de los atributos ligados al sabor (intensidad de salado, sabor residual y aceptación del salado), siendo la muestra sin sal la peor evaluada. Existen diversas sales utilizadas como sustitutivos del NaCl en los alimentos, entre ellas el CaCl₂, MgCl₂ o el MgSO₄ (Samapundo *et al.*, 2010). El KCl es una sal que se encuentra en este grupo de sustitutivos, utilizada en diferentes alimentos debido a su sabor intenso, también caracterizado como amargo, como se puede ver reflejado en el estudio de Grummer *et al.*, 2013. Esta podría ser la causa del rechazo de los panes elaborados con sustitutivos, incluso en el sustitutivo 2 en el que una serie de plantas aromáticas, hortalizas frescas y alga marina Kelp, lo podrían haber reducido.

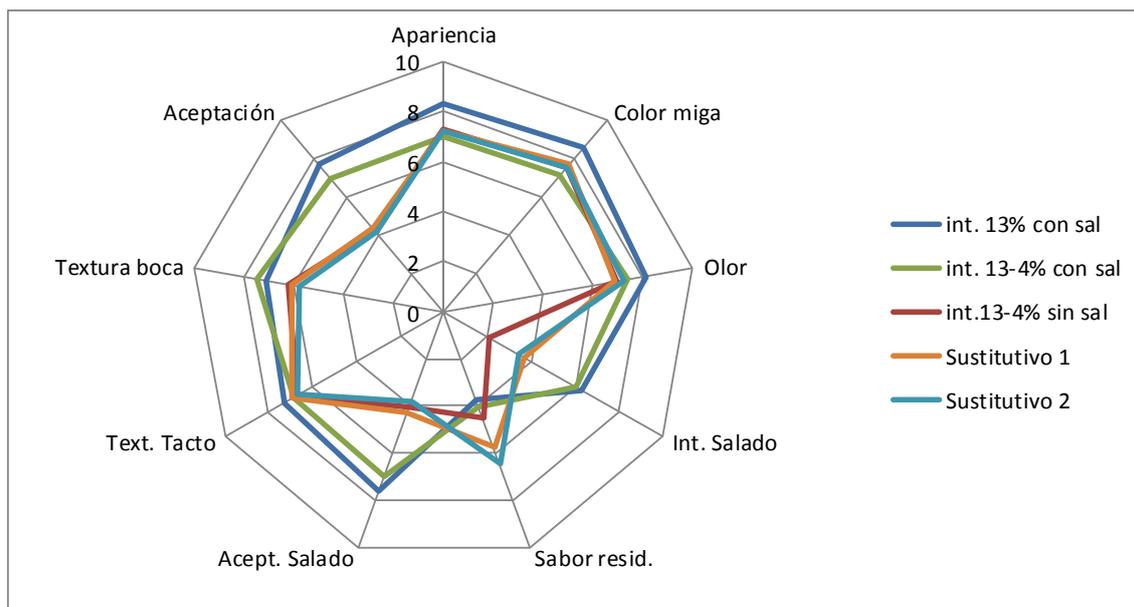


Figura 9. Análisis sensorial de los panes integrales elaborados con un 13% de salvado sin y con Chía (4%), con y sin sal y con los dos sustitutivos comerciales testados.

5. Conclusión

Los resultados obtenidos muestran como una incorporación de *Salvia hispánica* (Chía) en un 4% en el procesado de panes integrales elaborados con harinas de hasta un 13% en salvado puede mejorar el rendimiento productivo de los panes, incluso pudiendo llegar a igualar el obtenido en la elaboración de panes con harinas refinadas

En cuanto al uso de los sustitutivos comerciales evaluados, si bien no influyeron en las variables de procesado evaluadas, sí que influyeron negativamente sobre la apreciación global de los panes como consecuencia de los atributos evaluados ligados al sabor (intensidad de salado, sabor residual y aceptación del sabor salado).

6. Bibliografía

- 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.
- CAPITANI, M.I.; SPOTORNO, V.; NOLASCO, S.M.; TOMÁS, M.C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispánica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology* 45, 94 e 102.
- CAUVAIN, S., YOUNG, L., (2006). La naturaleza de la estructura de los productos de panadería, en: *Productos de panadería. Ciencia, Tecnología y Práctica*. Acirbia, S.A, Zaragoza, España. 251 pp.

- CEVOLI, C.; BALESTRA, F.; RAGNI, L.; FABBRI, A. (2013). Rheological characterisation of selected food hydrocolloids by traditional and simplified techniques. *Food Hydrocolloids* 33, 142 e 150.
- CHIN, N.L.; CAMPBELL, G.M.; THOMPSON, F. (2005). Characterisation of bread doughs with different densities salt contents and water levels using microwave power transmission measurements. *Journal of Food Engineering* 70, 211–217.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Visto 27 de junio de 2014.
<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm>
- FLANDER, L.; SALMENKALLIO-MARTTILA, M.; SUORTTI, T.; AUTIO, K. (2007). Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT* 40, 860–870.
- 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 e 664.
- GRUMMER, J.; BOBOWSKI, N.; KARALUS, M.; VICKERS, Z.; SCHOENFUSS, T. (2013). *Journal of Dairy Science* 96, 1401-1418.
- HUANG, W.; KIM, Y.; LI, X.; RAYAS-DUARTE, P. (2008). Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. *Journal of Cereal Science* 48, 639–646.
- HÜTTNER, E.; DAL BELLO, F.; POUTANEN, K.; ARENDT, E. (2009): Fundamental evaluation of the impact of high Hydrostatic Pressure on oat batters. *Journal of Cereal Science* 49, 363–370.
- INGLETT, G.E.; CHEN, D.; LIU, S.X.; LEE, S. (2014). Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. *LWT - Food Science and Technology* 55, 148 e 156.
- INKANATURA EXPORT S.L, 2013. Visto 27 mayo, 2014.
<http://www.inkanat.com/es/arti.asp?ref=semillas-de-chia>
- JIMENEZ-MAROTO, L.A.; SATO, T.; RANKIN, S.A. (2013). Saltiness potentiation in white bread by substituting sodium chloride with a fermented soy ingredient. *Journal of Cereal Science* 58, 313 e 317.
- LAFIANDRA, D.; RICCARDI, G.; SHEWRY, P.R. (2014). Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *Journal of Cereal Science* 59,312 e 326.
- LEE, G.H. (2011). A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. *Food Research International* 44, 537–543.
- MARTÍNEZ, M.; DÍAZ, A.; GÓMEZ, M. (2014). Effect of different microstructural features of soluble and insoluble fibres on gluten-free dough rheology and bread-making. *Journal of Food Engineering*.
- MERCOLA.COM, TOME CONTROL DE SU SALUD, 27 de junio de 2011, visto 20 de junio de 2013.
<http://espanol.mercola.com/boletin-de-salud/como-el-pan-de-harina-blanca-refinada-afecta-su-salud.aspx>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, sector cerealístico. Visto 24 de junio, 2014.
<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/cereales/>

- MÍS, A.; GRUNDAS, S.; DZIKI, D.; LASKOWSKI, J. (2012). Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal. *Journal of Food Engineering* 108, 1–12.
- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M.D. (2013). Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. *LWT - Food Science and Technology* 50, 160 e 166.
- MORELL, P.; FIZSMAN, S.M.; VARELA, P.; HERNANDO, I. (2014). Hydrocolloids for enhancing satiety: Relating oral digestion to rheology, structure and sensory perception. *Food Hydrocolloids* 41, 343 e 353.
- MONDAL, A.; DATTA A.K. (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering* 86, 465–474.
- MUÑOZ^a, L.A; AGUILERA, J.M; RODRIGUEZ-TURIENZO, L.; COBOS, A.; DIAZ, O. (2012). Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering* 111,511–518.
- MUÑOZ^b, L.A.; COBOS, A.; DÍAZ, O.; AGUILERA, J.M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering* 108, 216–224.
- 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 e 64.
- NOORT, M.; BULT, J.; STIEGER, M. (2012). Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. *Journal of Cereal Science* 55, 218 e 225.
- PLÁCIDO, A.; KUPERS, R.; PAÍGA, P.; MAGALHAˆES, J.; NOUWS, H.P.A.; DELERUE-MATOS, C.; OLIVEIRA, M.B.P.P. (2012). Salt content in bread and dough from northern Portugal: Method development and comparison. *Journal of Food Composition and Analysis* 27, 14–20.
- 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.
- 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.
- ROSELL, M.; SANTOS, E.; SANZ PENELLA, J.; HAROS, M. (2009). Wholemeal wheat bread: A comparison of different breadmaking processes and fungal phytase addition. *Journal of Cereal Science* 50, 272–277.
- SALGADO-CRUZ, M.A.; CALDERÓN-DOMINGUEZ, G.; CHANONA-PÉREZ, J.; FARRERA-REBOLLO, R.; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J.; DÍAZ-RAMÍREZ, M. (2013). Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. *Industrial Crops and Products* 51, 453– 462.
- SALVADOR, A.; SANZ, T.; FIZSMAN, S.M. (2006). Dynamic rheological characteristics of wheat flour–water doughs. Effect of adding NaCl, sucrose and yeast. *Food Hydrocolloids* 20, 780–786.
- SAMAPUNDO, S.; DESCHUYFFELEER,N.; VAN LAERE, D.; DE LEYN, I.; DEVLIEGHERE, F. (2010). *Food Microbiology* 27,749 e 756.
- SEGURA-CAMPOS, M.; SALAZAR-VEGA, I.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. (2013). Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. *LWT - Food Science and Technology* 50 ,723 e 731.

- TORRIERI, E.; PEPE, O.; VENTORINO, V.; MASI, P.; CAVELLA, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *LWT - Food Science and Technology* 56, 508 e 516.
- TUHUMURY, H.C.D.; SMALL, D.M.; DAY, L. (2014). The effect of sodium chloride on gluten network formation and rheology. *Journal of Cereal Science* xxx, 1 e 9.
- VÁZQUEZ-OBANDO, A.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology* 42, 168–173.
- WANG, P.; CHEN, H.; MOHANAD, B.; XU, L.; NING, Y.; XU, J.; WU, F.; YANG, N.; JIN, Z.; XU, X (2014). Effect of frozen storage on physico-chemistry of wheat gluten proteins: Studies on gluten-, glutenin- and gliadin-rich fractions. *Food Hydrocolloids* 39, 187 e 194
- WANG, J.; ROSELL, C.; BENEDITO DE BARBER, C. (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry* 79, 221–226.

ANEXOS

ANEXO 1. Hoja de evaluación utilizada en el análisis sensorial

Catador: _____

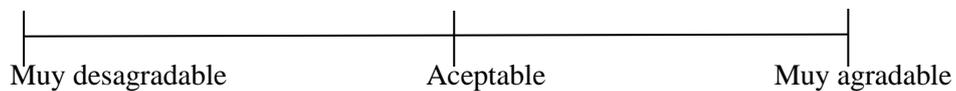
Fecha: _____

Tipo de muestra:

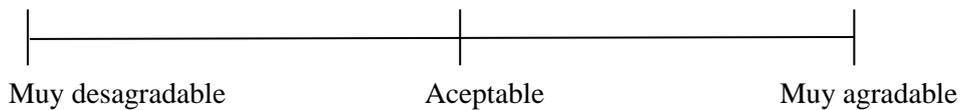
INSTRUCCIONES

- Respete el siguiente orden de cata:
- Antes de probar cada muestra enjuáguese la boca una vez con agua
- Espere al menos 30 segundos antes de probar la siguiente muestra
- Sitúe el código de la muestra en cada escala según su criterio

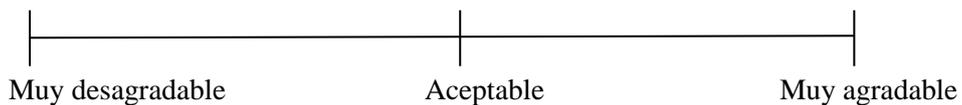
1. APARIENCIA



2. COLOR

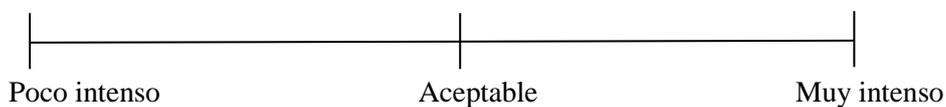


3. OLOR

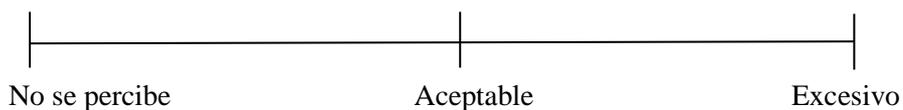


4. SABOR

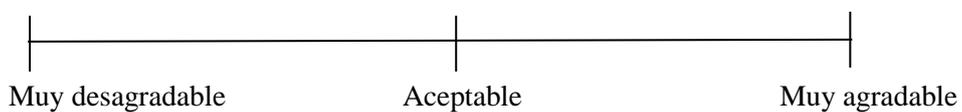
INTENSIDAD SABOR SALADO



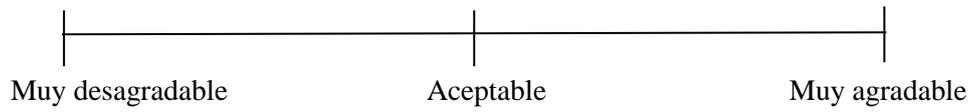
SABOR RESIDUAL



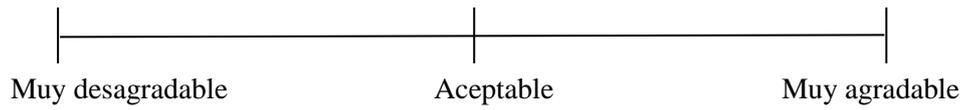
ACEPTACIÓN



5. TEXTURA AL TACTO



6. TEXTURA EN BOCA



7. ACEPTACIÓN GLOBAL

