



EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

Dipòsit Legal: T. 989-2013

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

Anna Vila Martí

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

TESIS DOCTORAL

dirigida por la Dra. Rosa Solà Alberich

Departamento de Medicina y Cirugía



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Doctorado en Nutrición y Metabolismo

Universitat Rovira i Virgili

Reus, 2013

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

FACULTAT DE MEDICINA I CIÈNCIES DE LA SALUT

DEPARTAMENT DE MEDICINA I CIRURGIA

Carrer Sant Llorenç, 21

43201 Reus

Tel. 977 759 306

Fax. 977 759 352

FAIG CONSTAR:

Que aquest treball, titulat "*Efectos de la reducción de sal en el aspecto y el sabor del pan precocido congelado*", que presenta **Anna Vila Martí**, ha estat realitzat sota la meva direcció al Departament de Medicina i Cirurgia i que aconpleix els requeriments per a poder optar al títol de Doctor.

Reus, 21 de Febrer de 2013

El director de la Tesi Doctoral

Dra. Rosa SOLÀ ALBERICH

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

**Autorització del director/a o codirector/s/a/es de la tesi doctoral**

DADES IDENTIFICATIVES DE LA TESI DOCTORAL		
Títol de la tesi doctoral EFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO		
Doctorand/a Anna VILA MARTÍ		
Programa de Doctorat / Programa Oficial de Postgrau Nutrició i Metabolisme		
Departament Medicina i Cirurgia	Grup de recerca Unitat de Recerca en Lípids i Arteriosclerosi	
Director/a Rosa SOLÀ ALBERICH	Correu electrònic del Director/a rosa.sola@urv.cat	
Codirector/a	Correu electrònic del Codirector/a	
Tutor/a (si s'escau)	Correu electrònic del Tutor/a	
INFORME DEL DIRECTOR DE TESI		
El/s (co)director/s sotasignats emeten l'informe de la tesi doctoral presentada a tràmit de dipòsit, en base a la revisió dels següents elements de qualitat:		
	SI	NO
La tesi consisteix en un treball original de recerca	X	
El títol reflecteix acuradament el contingut de la tesi	X	
Les hipòtesis i/o els objectius de la tesi estan clarament formulats	X	
La metodologia està descrita	X	
Hi consta el procediment	X	
Hi consten els resultats i la discussió dels mateixos	X	
Les conclusions de la tesi corresponen a les hipòtesis i/o objectius formulats	X	
La bibliografia està ben reflectida	X	
D'aquesta tesi es deriven les següents aportacions científiques:		
Vila-Martí A, Mila-Villarroel R, Romeu M, Sola R. 2012. Effect of salt reduction on the appearance and taste of partially-baked frozen baguette. Editor submitted.		
Vila-Martí A, Mila-Villarroel R, Romeu M, Solà R. 2012. Effect of salt reduction on the appearance and taste of partially-baked frozen Italian ciabatta bread. Editor submitted.		
Vila-Martí, A., Mila-Villarroel, R y Sola, R. Evaluación sensorial de pan con distintas concentraciones de sal. Póster. IX Congreso Internacional de Barcelona sobre la Dieta Mediterránea, 27 – 28 marzo de 2012.		
Determinació del contingut de sal en el pa. Treball Experimental de Llicenciatura de Ciència i Tecnologia dels Aliments (2010). Universitat de Vic. Tutora. Anna Vila-Martí		
Altres comentaris sobre la qualitat de la tesi:		

I en conclusió, s'emet l'informe FAVORABLE pel tràmit de dipòsit de la tesi doctoral i posterior defensa pública.

Reus, 21 de Febrer de 2013
Nom i cognoms. Rosa SOLÀ ALBERICH.
Directora de la tesi

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

RESUMEN

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

Introducción

El pan es uno de los alimentos que más sal aporta a la dieta de la población, un 19% de 9,8 g sal por persona/día en España, por lo que la reducción de sal en el pan hasta el 1,8% (sobre harina) es un objetivo nutricional prioritario para reducir la ingesta de sal de la población. Frecuentemente, no se precisa si la concentración de sal es en base a la harina de amasar o en el pan listo para consumir y la consecuencia es que la cantidad de sal ingerida es muy diferente. La sal tiene efectos sobre las características del pan, por lo que constituye un reto científico conocer el impacto de la reducción de sal desde la concentración habitual hasta un 1,8% sobre la harina en el proceso de panificación industrial y en el sabor del pan.

La hipótesis de esta investigación es que la disminución en el contenido de sal en el pan elaborado de forma industrial, precocido y congelado, tiene un límite que permite mantener el aspecto óptimo (medidas de las barras de pan) y el gusto para que el consumidor mantenga la ingesta de pan.

Los objetivos que se derivan son estudiar: a) El efecto sobre el aspecto y el sabor al reducir el contenido estándar de sal de 2,2% a 1,8% (sobre harina) en un pan elaborado de forma industrial tipo baguette precocida congelada (BPC), una de las formas más comunes de consumo. b) El efecto sobre el aspecto y el sabor al reducir del estándar de 2,4% a 1,8% (sobre la harina) en el pan elaborado de forma industrial tipo chapata precocida congelada (CHPC). c) Definir la relación entre la concentración de sal incluida en la formulación del pan en base a la harina de la masa panaria y su presencia en el pan cocido tipo baguette.

Material y métodos

En la BPC, se determinó el efecto de la reducción de sal desde la fórmula estándar con 2,2% (R2.2), hasta 2,0% (R2.0) y 1,8% (R1.8) sobre el aspecto evaluado mediante el peso, la longitud, la altura y el perímetro en 150 BPC de cada una de las 3 concentraciones de sal. El aspecto de BPC R2.2 es considerado el referente de calidad. El sabor se determinó mediante un test triangular entre R2.2 y R1.8.

Para la CHPC, se determinó el efecto de la reducción de sal desde el estándar con 2,4% (R2.4) hasta 2,2% (R2.2), 2,0% (R2.0) y 1,8% (R1.8) sobre el aspecto valorado mediante el peso, la longitud, la altura y el ancho en 90 CHPC de cada una de las 4 diferentes concentraciones. El aspecto de CHPC R2.4 es considerado el referente de calidad. El sabor se determinó mediante un test de ordenación y un test de preferencia.

Se han elaborado barras de pan, tipo baguette, con distintas concentraciones conocidas de sal: 2,2%; 2,0% y 1,8% sobre harina de amasar y expresada en porcentaje panadero, para la posterior determinación de sal en el pan cocido.

Resultados

En la BPC, el peso y la longitud no estaban afectados por la reducción de sal. Comparando con el estándar R2.2, el 0,7% de BPC R2.0 y el 4,7% de R1.8 mostraban una reducción de la altura llegando a un colapso lateral de las barras, mientras que en el 10% de las BPC R2.0 y en el 26,7% de R1.8 aumentaba el perímetro. Estos efectos suponen una retirada de estas BPC del circuito comercial, según los

criterios de calidad marcados. En relación al sabor, los catadores no determinaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras R2.2 y R1.8 ($p = 0,075$).

En la CHPC, comparando con R2.4, la longitud fue similar a R2.2 pero aumentó en R2.0 y R1.8 ($p < 0,001$). Comparando con R2.4, la anchura aumentó y la altura disminuyó en R2.2, R2.0 y R1.8 ($p < 0,001$) consiguiendo un aspecto aplanado. En el caso del sabor, la muestra menos preferida fue R1.8 ($p < 0,05$) mientras que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre R2.4 vs. R2.2 y R2.2 vs. R2.0 pero sí entre R2.0 y R1.8.

Si sólo se define una baguette de 1,8% de sal, se plantean 2 opciones:

- a) si se refiere a la concentración de 1,8% en el producto final, un individuo consumirá 1,8 g sal/100 g de baguette cocida.
- b) si es una concentración de 1,8% en base a la harina de amasado, un individuo consumirá 1,19 g sal/100 g de baguette cocida.

La ecuación para la estimación de la concentración de sal en el pan cocido final es:

y (concentración de sal en el pan cocido) = $1,88x$ (concentración de sal sobre harina expresado en % panadero) – 2,2.

Conclusiones

En la BPC elaborada en este estudio, la reducción de sal al 2,0% sobre harina produce pocos cambios en el aspecto visual y mantiene

el sabor. Mientras que la disminución de sal de 2,2% a 1,8% provoca cambios inaceptables (el 26,7% de las barras se eliminan por tener un perímetro demasiado elevado) en el aspecto visual de la BPC.

La BPC con 2,0% de la concentración de sal comparada con el habitual 2,2% implica una reducción de 0,2 g sal/100 g harina, lo que supone un 9% menos.

En la CHPC elaborada en este estudio, la reducción de sal al 2,0% sobre harina, mantiene el aspecto y sabor característico.

La CHPC con 2,0% de la concentración de sal comparada con el habitual 2,4%, implica una reducción de 0,4 g sal/100 g de harina, lo que supone 17% menos.

A partir de la cantidad de sal determinada en el pan cocido elaborado para este estudio se estima la concentración de sal añadida a la harina de amasado (g NaCl/kg harina) en el pan tipo baguette. Por lo tanto, esta estimación permitirá saber si la cantidad de sal es del 1,8% sobre harina y cumple con el objetivo nutricional de contenido de sal en el pan.

La disminución en el contenido de sal de dos tipos de pan precocido congelado tiene una concentración límite del 2,0% (sobre harina) definida ya que provoca unos cambios en el aspecto visual que se alejan de las características de calidad de cada tipo de pan mientras que un menor contenido de sal tiene menos impacto sobre el sabor del pan.

SUMMARY

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

Introduction

Bread is one of the foods that most salt bring into population. In Spain the 19% of 9.8 g of the salt per day comes from bread. So, reducing salt in bread until 1.8% (in flour basis) is a primary objective to reduce salt intake in population. Commonly, it is not specified whether salt percentage is in flour basis or in cooked bread. This is quite important because differences in salt intake are quite significant. Salt influences directly to bread flavor, taste and general appearance. So, it could be a scientific challenge to analyze the results in flavor and taste in the industrial bread making process when reducing the percentage of salt from the current standards to 1.8% in a flour basis.

The hypothesis this thesis defends is that there is a certain percentage of salt reduction in bread that makes possible maintaining the flavor, taste and general appearance in bread when reducing the percentage of salt in the industrially produced part-baked frozen baguette (PFBF).

The main objectives of this thesis are: a) to define the effect on the appearance and taste when reducing the salt percentage from 2.2% to 1.8% (flour basis) in industrially produced part-baked frozen baguette (PFBF), one of the most produced bread. b) to define the effect on the appearance and taste when reducing the salt percentage from 2.4% to 1.8% (flour basis) in bread made of semi-automatic part-baked frozen *ciabatta* (PBFC). c) to determine the relation between the quantity of salt used in raw bread, as an ingredient, and the quantity of salt obtained in the baguettes once they have been baked.

Materials and methods

In the part-baked frozen baguette (PFBF) we determined the effects of salt reduction from standard 2.2% (w/w with wheat flour) content (R2.2) to 2.0% (R2.0) and 1.8% (R1.8) on the appearance and taste. Appearance was assessed by weight, length, height and circumference in 150 PFBF produced with each of the three recipes. Taste was evaluated by triangular test between R2.2 and R1.8.

In the part-baked frozen *ciabatta* (PBFC) we determined the effects of a salt decrease from the standard 2.4% (R2.4) to test recipes 2.2% (R2.2), 2.0% (R2.0) and 1.8% (R1.8) on physical characteristics (weight, length, width and height) and taste of 90 units of PBFC. The general appearance of the part-baked frozen *ciabatta* (PBFC) R2.4 is considered as the quality value. The taste was analyzed by an order test and a preference test.

To determine the salt concentration in the baked baguettes, we produced baguettes with different salt percentages: 2.2%, 2.0% and 1.8% (in flour basis) in baker's percentage.

Results

In PFBF, the results showed that weight and length parameters were unaffected by salt reduction. Compared with standard R2.2 baguettes, 0.7% of R2.0 and 4.7% of R1.8 had reduced height resulting in lateral collapse, while 10% of R2.0 and 26.7% of R1.8 baguettes had higher circumferences leading to rejection on quality control grounds. Regarding the quality market standards, these figures would have caused a product withdrawn of the market.

Referring to taste panelists, were unable to distinguish taste differences between R2.2 and R1.8 baguettes ($p = 0.075$).

In PBFC compared with R2.4, length was similar in R2.2 but was increased in R2.0 and R1.8 loaves ($p < 0.001$). Compared with R2.4, width increased and height decreased in R2.2, R2.0 and R1.8 ($p < 0.001$) leading to a flattened aspect. In taste, the least preferred PBFC loaf was R1.8 ($p < 0.05$) while there were no statistically significant differences between R2.4 vs. R2.2 and R2.2 vs. R2.0. But, panelists were able to find differences between R2.0 and R1.8.

If we only analyze a single baguette with a salt percentage of 1.8%, 2 different options could be defined:

- a) If we are referring to 1.8% of salt in cooked baguettes, an individual would intake 1.8 g salt per 100 g of baked baguettes.
- b) If we are referring to 1.8% of salt as an ingredient in a flour basis, an individual would intake 1.19 g of salt per 100 g of baked baguettes.

The final equation to estimate salt concentration between raw baguettes and cooked baguettes is:

y (salt percentage in baked baguettes) = $1,88x$ (salt percentage in flour basis, expressed in baker-percentage) - 2,2.

Conclusions

In the PBFB samples, salt reductions to 2.0% over flour produce unappreciable changes in visual appearance, and maintain taste.

Hence, the salt reduction from 2.2% to 1.8% produces unacceptable changes in the general appearance (the 26.7% of analyzed baguettes would withdrawal cause a too much high circumferences)

The PBFB samples with 2.0% of salt concentration compared with the usual standard of 2.2% cause a reduction of 0.2 g of salt per 100 g of flour, a reduction 9% of salt.

In the PBFC samples, a reduction to 2.0% of salt over flour maintains bread appearance and taste.

The PBFC samples with a 2.0% of salt concentration compared with the usual standard of 2.4%, supposes a reduction of 0.4 g of salt per 100 g of flour, which means a reduction of a 17% in salt.

We can estimate the quantity of salt used in the production process, as an ingredient of the raw baguettes (g NaCl/kg flour) from the salt obtained in the cooked baguettes. So this estimation will be able to determine if the salt percentage is 1.8% over flour, this percentage would have fitted to nutritional objectives of salt in bread.

In both cases, PBFB and PBFC, the salt reduction has a limit in the 2.0% over flour. Higher reductions cause significant changes in visual appearance that may be understood as a lack of quality in each type of bread. Higher reductions could be accepted from a taste point of view.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

ÍNDICE

ÍNDICE	21
AGRADECIMIENTOS.....	25
AGRADECIMIENTOS.....	27
LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS	29
LISTADO DE TABLAS.....	31
LISTADO DE FIGURAS	33
ABREVIACIONES	35
ABREVIACIONES.....	37
I - INTRODUCCIÓN.....	39
INTRODUCCIÓN	41
1- <i>La sal y su impacto en la salud</i>	41
1.1- La Hipertensión Arterial.....	41
1.2- Historia de la sal.....	43
1.3- Fuentes de la ingesta de sal en la población.....	47
1.4- Regulación Europea sobre las alegaciones de salud en relación a los alimentos con un contenido de sal reducido	49
2- <i>Políticas actuales para reducir el consumo de sal de la población...</i>	50
3- <i>El pan y la panificación</i>	55
3.1- Historia del pan.....	56
3.2 Tipos de panes elaborados y consumidos en España	61
3.2.1 Consumo de pan en España	62
3.3 Forma de expresar la composición del pan	63
3.4- Ingredientes para la elaboración de pan	65
3.4.1- Harina	65
3.4.2- Agua	75
3.4.3- Sal	76
3.4.4- Levadura	76
3.4.5- Mejorantes panarios.....	77
3.5- Proceso de elaboración del pan.....	79
3.5.1- Técnica tradicional de elaboración del pan	81
3.5.2- Técnica de elaboración de la masa congelada	85
3.5.3- Técnica de elaboración del pan precocido congelado	85
4- <i>Efectos tecnológicos de la sal en el pan</i>	91
4.1- Efectos de la sal en las diferentes etapas de la panificación	91

4.1.1- Influencia de la sal en el proceso de amasado del pan.....	91
4.1.2- Influencia de la sal en el proceso de fermentación del pan.....	93
4.1.3- Influencia de la sal en el proceso de horneado del pan.....	93
4.2- Influencia de la sal en la calidad final del pan.....	94
4.2.2- Influencia de la sal en el volumen final del pan	94
4.2.1- Influencia de la sal en la conservación del pan.....	95
4.3- Influencia de la sal en las propiedades sensoriales del pan.....	95
4.3.1- Influencia de la sal en la textura del pan	96
4.3.2- Influencia de la sal en el color del pan.....	96
4.3.3- Influencia de la sal en el sabor del pan.....	97
4.4- Posibles alternativas a la sal	98
4.4.1- Alternativas a la sal para la conservación del pan	98
4.4.2- Alternativas a la sal respecto al sabor del pan.....	99
<i>5- Importancia del pan precocido congelado en España.....</i>	<i>100</i>
5.1. Características de la BPC.....	100
5.2. Características de la la CHPC.....	101

II - HIPÓTESIS Y OBJETIVOS 105

HIPÓTESIS	107
OBJETIVOS	107

III - METODOLOGÍA..... 109

METODOLOGÍA	111
<i>Estudio 1- Elaboración de las baguettes precocidas congeladas</i>	<i>113</i>
1.1- Preparación de las barras de BPC	113
1.1.1- Ingredientes.....	113
1.1.2- Características de la harina utilizada en la elaboración de las barras de BPC.....	113
1.1.3- Proceso de elaboración de las barras de BPC	114
1.2- Caracterización de las barras de BPC.....	116
1.2.1- Análisis del aspecto de las barras de BPC	116
1.2.2- Análisis sensorial.....	116
1.3- Análisis estadístico.....	118
<i>Estudio 2- Elaboración de las chapatas precocidas congeladas.....</i>	<i>119</i>
2.1- Preparación de las barras de CHPC.....	119
2.1.1- Ingredientes.....	119
2.1.2- Características de la harina utilizada en la elaboración de las barras de CHPC	119
2.1.3- Proceso de elaboración de las CHPC.....	120
2.2- Caracterización de las barras de CHPC	122
2.2.1- Análisis del aspecto de las barras de CHPC.....	122
2.2.2- Análisis sensorial.....	123
2.3- Análisis estadístico.....	124
<i>Estudio 3- Relación entre la cantidad de sal en la formulación y el contenido de sal del pan cocido tipo baguette.....</i>	<i>126</i>
3.1- Preparación de las barras de pan	126
3.1.1- Ingredientes.....	126

3.1.2- Proceso de elaboración de las barras de pan	127
3.2- Caracterización del pan, tipo baguette.....	127
3.3- Análisis estadístico.....	131
IV - RESULTADOS.....	133
RESULTADOS.....	135
<i>Estudio 1- Resultados del análisis de las muestras de baguette precocida congelada</i>	<i>135</i>
1.1- Resultados de las características de las barras de BPC.....	135
1.2- Resultados del análisis sensorial de BPC.....	136
<i>Estudio 2- Resultados del análisis de las muestras de chapata precocida congelada.....</i>	<i>139</i>
2.1- Resultados de las características de las barras de CHPC.....	139
2.2- Resultados del análisis sensorial de CHPC.....	141
<i>Estudio 3- Relación entre la cantidad de sal en la formulación y el contenido de sal en el pan cocido tipo baguette.....</i>	<i>145</i>
3.1- Determinación de la humedad	145
3.2- Determinación del contenido de sal.....	145
V - DISCUSIÓN.....	149
DISCUSIÓN	151
<i>Estudio 1- Efectos de la reducción de sal en las baguettes precocidas congeladas</i>	<i>153</i>
<i>Estudio 2- Efectos de la reducción de sal en las chapatas precocidas congeladas</i>	<i>157</i>
<i>Estudio 3- Relación entre la cantidad de sal en la formulación y el contenido de sal en el pan cocido tipo baguette.....</i>	<i>160</i>
<i>Discusión global.....</i>	<i>163</i>
VI - CONCLUSIONES.....	167
CONCLUSIONES	169
VII - FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.....	171
VIII - BIBLIOGRAFÍA.....	173
BIBLIOGRAFÍA	175
IX - ANEXOS.....	192
ANEXOS.....	193

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

AGRADECIMIENTOS

Finalmente ha llegado el momento de agradecer a todas aquellas personas e instituciones que han colaborado en esta tesis. Y la verdad es que a lo largo de estos años han acabado siendo muchos los que también han aprendido un poco más sobre el pan y la sal.

Primero de todo, mi agradecimiento es para David Masferrer y Miquel Tráfach que gracias a ellos aprendí todo lo que sé sobre el pan y su proceso de elaboración. Y a la empresa Bellsolà donde después de 3 años de estar trabajando en su departamento de I+D, pude realizar toda la parte experimental de esta tesis doctoral. Sin su ayuda nada de esto hubiera sido posible!

A la Dra. Rosa Solà por su inestimable apoyo y dirección y su permanente disponibilidad. Por todo el tiempo invertido en esta tesis, por sus consejos y por sus cualidades personales, sin las cuales difícilmente habría conseguido llegar hasta el final.

También tengo que agradecer la colaboración a Jordi Rafart y Marina Simón de la empresa Puratos así como a su panel de catadores de sus instalaciones en Sils.

A Miquel Solé, del Forn Solé de Vic, por su colaboración en la elaboración del pan cocido que fue analizado en uno de los estudios de esta tesis.

A la Universitat de Vic por facilitarme poder disponer de sus laboratorios y a Conxi por tener siempre el material a punto. A la biblioteca de la UVic por localizar los artículos en los lugares más recónditos. A Míriam por convencerme que tenía que hacerlo y a Cristina porque finalmente lo hemos conseguido!

A Raimon Milà y a Marta Romeu por toda su ayuda en el análisis estadístico, este mundo indispensable en la investigación y que te acaba engancho.

A Txell, Tamara, José Luís, Arturo, Consol, Vanessa, Cèlia, Simón y a todas las personas que directa o indirectamente han participado en este proyecto.

Y por último, a mi familia por toda su paciencia y su incondicional apoyo.

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la presión arterial en Europa.

Tabla 2. Estrategias mundiales para la reducción de la ingesta de sal de la población.

Tabla 3. Diferentes métodos de expresión de las formulaciones de pan.

Tabla 4. Tipos de harinas clasificadas según su fuerza panadera.

Tabla 5. Características de la harina utilizada para preparar las BPC.

Tabla 6. Fórmulas utilizadas para la elaboración de las barras de BPC.

Tabla 7. Características de la harina utilizada para preparar las CHPC.

Tabla 8. Fórmulas utilizadas para la elaboración de las barras de CHPC.

Tabla 9. Fórmulas utilizadas para la elaboración de las barras de pan cocido, tipo baguette.

Tabla 10. Características de las barras de BPC elaboradas con las 3 fórmulas de estudio.

Tabla 11. Características de las barras de CHPC elaboradas con las 4 fórmulas de estudio.

Tabla 12. Resultados del test de ordenación.

Tabla 13. Resultados del test de preferencia.

Tabla 14. Humedad del pan cocido, tipo baguette.

Tabla 15. Contenido medio de sal del pan cocido, tipo baguette.

Tabla 16. Contenido de sal en base harina según los resultados publicados en el marco de la Estrategia NAOS.

Tabla 17. Contenido de sal en base harina según los datos publicados en diferentes TCA.

Tabla 18. Consumo de sal anual en base al consumo de pan en España.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Extracción de sal a partir de agua marina en las salinas de Sanlúcar de Barrameda (Cádiz, España).

Figura 2. Fuentes de la ingesta de sal en la población adulta.

Figura 3. Principales fuentes de sal de los alimentos en España.

Figura 4. Logotipo de FAO.

Figura 5. *The court bakery of Ramses III.*

Figura 6. Representación gráfica de la diosa Ceres.

Figura 7. Panes de España.

Figura 8. Consumo de pan en España.

Figura 9. Imagen del proceso de amasado en el análisis alveográfico de la harina.

Figura 10. Material para el tratamiento de los pastones.

Figura 11. Pastones preparados para el reposo.

Figura 12. Pastón reposado preparado para realizar el alveograma.

Figura 13. Imagen de la platina de salida de aire que forma parte del alveógrafo.

Figura 14. Imagen del proceso de hinchado del pastón.

Figura 15. Representación gráfica del alveograma de Chopin.

Figura 16. Alveograma de la harina de estudio.

Figura 17. Amasadora.

Figura 18. Horno de aire.

Figura 19. Técnica tradicional de elaboración de pan.

Figura 20. Técnica de elaboración de masa congelada fermentada.

Figura 21. Técnica de elaboración de masa congelada no fermentada.

Figura 22. Técnica de elaboración del pan precocido congelado.

Figura 23. Efecto visual de la reducción de sal en la BPC.

Figura 24. Resultados test de ordenación.

Figura 25. Resultados test de preferencia.

Figura 26. Determinación del contenido de sal en el pan cocido.

ABREVIACIONES

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

ABREVIACIONES

AACC	<i>American Association of Cereal Chemists</i>
a. C.	Antes de Cristo
AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición
ANOVA	Análisis de la varianza
BPC	Baguette precocida congelada
CAE	Código Alimentario Español
CEOPAN	Confederación Española de Organizaciones de Panadería
CHPC	Chapata precocida congelada
CO ₂	Dióxido de carbono
d. C.	Después de Cristo
DE	Desviación estándar
EEUU	Estados Unidos de América
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i>
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – <i>Food and Agriculture Organization</i>
G	Grado de hinchamiento
HTA	Hipertensión arterial
IC	Intervalo de confianza
ICC	<i>International Association for Cereal Science and Technology</i>
L	Extensibilidad
MAGRAMA	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

MANOVA	Análisis multivariante de la varianza
MARM	Ministerio de Agricultura, Ramadería y Medio Marino
Na	Sodio
NaCl	Cloruro sódico, sal común
NAOS	Estrategia para la Nutrición, la Actividad física y la prevención de la Obesidad
OMS	Organización Mundial de la Salud
P	Tenacidad
PA	Presión arterial
PFBF	Part-baked frozen baguette
PBFC	Part-baked frozen ciabatta
P/L	Relación entre la tenacidad y la extensibilidad
p.e	Por ejemplo
TCA	Tabla de Composición de los Alimentos
VET	Valor energético total
W	Energía para la deformación o fuerza panadera

I - INTRODUCCIÓN

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

INTRODUCCIÓN

1- LA SAL Y SU IMPACTO EN LA SALUD

Las enfermedades cardiovasculares son, a día de hoy, la principal causa de muerte a nivel mundial (Appel et al., 2011; Brindsen et al., 2012). Aproximadamente, 16,7 millones de individuos mueren, al año, en todo el mundo por enfermedades cardiovasculares. Al menos 8 millones de estas muertes se pueden atribuir a la hipertensión arterial (HTA) (Havas et al., 2007). Se prevé, para el año 2030, un aumento de hasta 23,6 millones de muertes por patología cardiovascular (OMS, 2003).

Existe un gran número de individuos asintomáticos que están en riesgo de padecer un problema cardiovascular. En más del 60% de los casos no se controlan de forma adecuada los factores de riesgo (Banegas et al., 2006) como seguir dietas inadecuadas ricas en grasas saturadas y sal (Perk et al., 2012), excesivo consumo de alcohol, el tabaco, la inactividad física y la HTA (Brindsen et al., 2012, DeSimone et al., 2013).

1.1- LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL

La presión arterial (PA) se define como *la fuerza ejercida por la sangre contra cualquier área de la pared arterial y se expresa a través*

de diferentes técnicas de medición como son la PA sistólica, PA diastólica y la PA media. Esta presión es imprescindible para que circule la sangre por los vasos sanguíneos y haga llegar el oxígeno y los diferentes nutrientes a todos los órganos del cuerpo para que estos puedan funcionar con normalidad (Solà-Alberich et al., 2009).

La HTA es una alteración identificada como un aumento crónico de la presión arterial. La HTA se caracteriza por tener una elevada frecuencia, la prevalencia de HTA en las poblaciones occidentales es de un 25% en adultos de más de 40 años, valor que en España llega hasta el 47%. Mientras que en edades superiores a los 60 años, la prevalencia de HTA llega a valores del 68%, y en el caso de pacientes diabéticos al 70% (Banegas et al., 2006).

La HTA no presenta molestias o signos que la hagan aparente y es uno de los factores de riesgo cardiovascular y de patología renal modificable que más problemas sanitarios provoca (Appel et al., 2011; Daugirdas, 2013; Perk et al., 2012).

Como se indica en la tabla 1, los criterios consensuados por *Task Force for the Management of Arterial Hypertension* y la *European Society of Cardiology*, la PA óptima es aquella en la que la PA sistólica está por debajo de 120 mmHg y la PA diastólica inferior a 80 mmHg. Teniendo en cuenta estos parámetros, las cifras de PA sistólica entre 130 – 139 mmHg y/o una PA diastólica entre 85 – 89 mmHg se califican como “PA normal alta”, mientras que son considerados hipertensos los que tienen 140 mmHg o más de PA sistólica y/o 90 mmHg o más de PA diastólica (Mancia et al., 2007; Perk et al., 2012).

Tabla 1. Clasificación de la presión arterial en Europa.

Categorías de PA	PA sistólica (mmHg)	PA diastólica (mmHg)
Óptima	< 120 y	< 80
Normal	120 – 129 y/o	80 – 84
Normal alta	130 – 139 y/o	85 – 89
Grado 1 HTA mínima	140 – 159 y/o	90 – 99
Grado 2 HTA moderada	160 – 179 y/o	100 – 109
Grado 3 HTA severa	≥ 180 y/o	≥ 110
Hipertensión sistólica aislada	≥ 140 y	< 90

Fuente: Mancia et al. 2007; Perk et al., 2012.

El exceso en la ingesta de sal se describe hoy en día como el mayor causante del aumento de la PA con evidencia demostrada tanto en estudios con animales, como estudios epidemiológicos, ensayos clínicos y metaanálisis (He et al., 2007; Strazzullo et al., 2009). La HTA promueve la hipertrofia del ventrículo izquierdo así como la fibrosis del corazón, los riñones y las arterias (Appel et al., 2011; Daugirdas, 2013).

1.2- HISTORIA DE LA SAL

La sal común (de ahora en adelante, sal), como sustancia química está formada por sodio (Na) y cloro (Cl) en forma de cloruro de sodio (NaCl), y trazas de sales otros minerales como de potasio o de magnesio en una proporción inferior al 1%.

Históricamente, los antecesores humanos ingerían una dieta que contenía menos de 0,5 g/día de sal, que supone 0,25 g de sodio (Na)

y que correspondía a la sal presente de forma natural en los alimentos (He et al., 2011). El Na que encontramos de forma natural en los alimentos es suficiente para las funciones que desarrolla en el organismo (Belz et al., 2012). Está descrito que en muchas especies animales, al reducir la concentración de Na en sangre, desarrollan un gran apetito por ingerir alimentos ricos en sal, provocado por desordenes en la angiotensina II o la aldosterona (McCaughey et al., 2007).

La sal ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de la civilización (Flandrin et al., 2004). Se han encontrado documentos del s. II a. C. en China, que mencionan el impuesto de la sal, que se aplicaba a las transacciones comerciales realizadas. Estas prácticas generaron un monopolio de la sal que duró casi 300 años y llegó a ser tan importante que con los ingresos por este mineral se pudo financiar gran parte de la construcción de la Gran Muralla China (He et al., 2011). Además, ya en esta época se conocían las propiedades de la sal como conservante (Beck et al., 2012; Quílez et al., 2012) que todavía perduran en la actualidad en forma de salazones en alimentos cárnicos y pescado.

En la misma época, pero en el Imperio Romano, la mayoría de ciudades crecían alrededor de una salina. Se construyeron vías para el transporte y el comercio de sal por toda Europa. Algunas carreteras importantes se relacionan todavía hoy con este antiguo comercio como la *Via Salaria* en el centro de Roma. También se necesitaba sal para los legionarios, los caballos y la intendencia militar e hizo que en algunos momentos se pagara el sueldo de los

soldados con sal, de aquí el nombre de *salarium* que perdura en nuestros tiempos como salario (Padilla, 2012).

Durante la Edad Media y debido a la oposición de los ciudadanos a los impuestos que grababan a la sal, en algunas zonas, se empezó a elaborar pan sin sal, como el *pane sciocco* en la Toscana (Italia) (Flandrin et al., 2004).

La sal era considerada un alimento de lujo y no era extraño que en un banquete de gente adinerada se pusiera sal pura en recipientes especiales (posiblemente fueran los primeros saleros de mesa) sobre la parte central de las mesas de los comensales (Flandrin et al., 2004).

En España, en el año 1572 Bernardino Gómez Miedadas (Alcañiz, Teruel 1515 – Albarracín, Teruel 1589) escribió el libro “Comentarios acerca de la sal” que opinaba sobre el consumo de sal de la época. En los años 1631 y 1634 se vivieron intensos motines en Vizcaya por el aumento de precio de la sal, conocidos como *la rebelión de la sal*.

Cuando los ingleses llegaron a la India (colonia británica en el siglo XIX – XX) se quedaron con el mercado de la sal y lo convirtieron en monopolio británico. La sal pasó a ser un símbolo del poder económico británico sobre la India hasta que en 1930, Mahama Gandhi (Portbandar, Imperio Británico en la India 1869 – Nueva Delhi, India 1948) hizo la famosa protesta a la que llamaron *La marcha de la sal*, reclamando la anulación de los impuestos sobre la sal y que supuso, años después, la caída del colonialismo británico en la India.

El uso de la sal como conservante sufrió un sustancial cambio con el invento del congelador (Clarence Birdseye. Nueva York, 1925 - 1956) que supuso una disminución en la demanda de sal y este mineral dejó de ser un bien económico (Belz et al., 2012).

Extracción de la sal

La sal se extrae, principalmente, por la evaporación del agua marina (figura 1) o por la extracción minera de rocas con cloruro sódico denominadas *halitas*.



Figura 1. Extracción de sal a partir de agua marina en las salinas de Sanlúcar de Barrameda (Cádiz, España). En la figura a) se observa un lecho de sal, en esta primera fase entra agua de mar que se va evaporando con el calor del sol hasta obtener una sal con un contenido en agua muy bajo. En la figura b) se observa como la sal se recoge, ya seca, en montañas para su posterior envasado. Fuente: Elaboración propia.

1.3- FUENTES DE LA INGESTA DE SAL EN LA POBLACIÓN

La ingesta de sal en muchos países oscila entre los 9 y los 12 g/día (Belz et al., 2012; Brown et al., 2009; Quilez et al., 2012) y proviene, mayoritariamente, del contenido en sal de los alimentos procesados. Aunque en los diferentes países también se añade más sal tanto en la preparación culinaria de los alimentos como cuando estos llegan a la mesa mediante el salero (figura 2) (Dahl, 2005; Daugirdas, 2013). En España, según los últimos datos publicados, la mayor ingesta de sal proviene de los alimentos procesados seguido de la sal que se añade cuando se cocina (AESAN, 2009a).

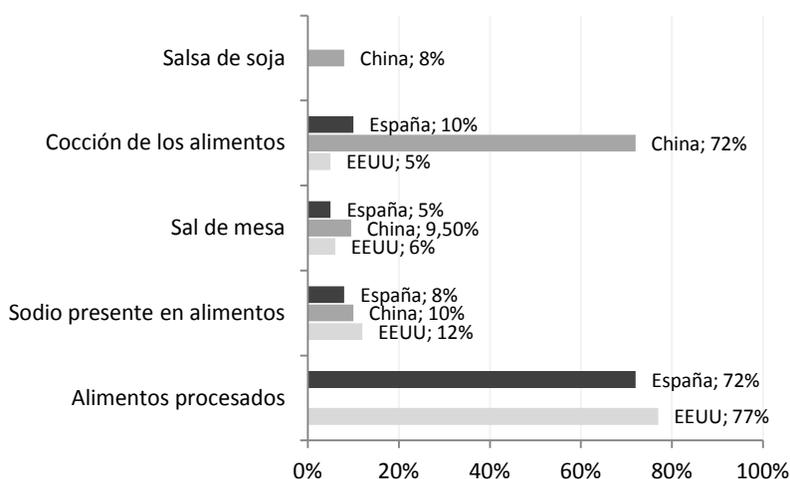


Figura 2. Fuentes de la ingesta de sal en la población adulta. Adaptación de Dahl, 2005; Brown et al., 2009 y AESAN, 2009a.

En España, los alimentos que más sal aportan a la población adulta son, por orden de importancia, los embutidos (26,2%), el pan y los panes especiales (19,1%) y la leche y productos lácteos (15,6%), después les siguen, con una menor cantidad, el pescado y derivados (7,2%) y los platos preparados (4,9%) como se muestra en la figura 3.

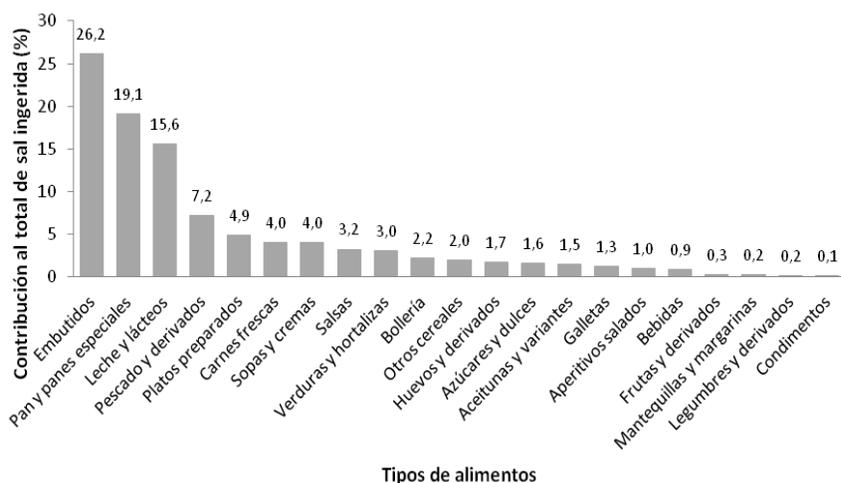


Figura 3. Principales fuentes de sal de los alimentos en España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AESAN (AESAN, 2009a).

Como se puede observar en esta figura, el consumo de pan y panes especiales supone la segunda vía de entrada de sal en la dieta española precedida de los embutidos. Por tanto, el pan es un foco de interés para trabajar la reducción de sal de la población.

La sal ingerida, estimada mediante el sodio excretado por vía urinaria, de la población española, es de 9,8 g/día (Ortega et al., 2011) casi el doble de los 5 g/día, que recomienda la OMS (WHO, 2012) y superior a los 6 g/día, de acuerdo con la recomendación internacional (Perk et al., 2012). Por otra parte, otros datos de la población española mostrados en la tabla 2, indican un consumo de 5,4 g/día, a partir de encuestas dietéticas (Brinsden et al., 2012). Estas diferencias se podrían explicar por la subestimación de la sal añadida durante la cocción y preparación de los alimentos por parte de la población y los pocos datos existentes acerca de la absorción de

sal de los alimentos durante el proceso de cocción (Grimes et al., 2010).

1.4- REGULACIÓN EUROPEA SOBRE LAS ALEGACIONES DE SALUD EN RELACIÓN A LOS ALIMENTOS CON UN CONTENIDO DE SAL REDUCIDO

Debido al efecto negativo de la sal sobre la presión arterial y las enfermedades cardiovasculares, la industria alimentaria está muy interesada por los productos con menor contenido de. Por este motivo el Parlamento Europeo acordó, mediante el Reglamento 1924/2006 de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos, establecer 3 categorías para las declaraciones de los productos con un contenido de sal reducido:

- *Bajo contenido en sodio/sal*: alimentos que no contengan más de 0,12 g de sodio o su equivalente, 0,30 g de sal por 100 g o 100 mL de alimento.
- *Muy bajo contenido en sodio/sal*: alimentos que no contengan más de 0,04 g de sodio o su equivalente, 0,10 g de sal por 100 g o 100 mL de alimento.
- *Sin sodio/sin sal*: alimentos que no contengan más de 0,005 g de sodio o su equivalente, 0,0125 g de sal por 100 g o 100 mL de alimento.

2- POLÍTICAS ACTUALES PARA REDUCIR EL CONSUMO DE SAL DE LA POBLACIÓN

A principios del siglo XXI las normas dietéticas de muchos países recomiendan una ingesta de sal diaria inferior a los 6 g, cantidad que se sobrepasa con gran facilidad (DeSimone et al., 2013; He et al., 2003; Perk et al., 2012). La American Heart Association se plantea conseguir en el 2020 una reducción en la ingesta de sal de la población inferior a 3,7 g sal (< 1500 mg Na/día) para mejorar la salud cardiovascular de los americanos (Appel et al., 2011).

Para reducir la ingesta de sal, la OMS (OMS, 2003) propuso, a los gobiernos mundiales, políticas para reducir la ingesta, basadas en tres pilares:

- Reformular los productos elaborados para reducir la cantidad de sal de adición, identificando y controlando aquellos productos que dentro de cada país contengan más cantidad de sal. Trabajar con las industrias alimentarias para reducir el contenido de sal y dedicar personal y presupuestos específicos para llevar a cabo estos programas.
- Promover campañas educativas dirigidas a los consumidores emitiendo mensajes claros, sencillos y coherentes en los medios de comunicación y educando a la población en cómo se deben interpretar las etiquetas nutricionales de los productos alimentarios.

- Promover estrategias relacionadas con los precios de los productos con menor contenido de sal, mejoras en los etiquetajes nutricionales de estos alimentos, ...

Las políticas relacionadas con la reducción de sal se están llevando a cabo en:

- a) Europa: Irlanda, Gran Bretaña, España, Francia y Finlandia.
- b) África: Nigeria y Sudáfrica.
- c) América: Argentina, Brasil, Bolivia, Canadá, Chile, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Panamá, Paraguay, Uruguay y en Estados Unidos de América.
- d) Y en diferentes países de Asia y Oceanía.

En la tabla 2 adaptada de Brinsden et al. (2012), se detallan los objetivos de las diferentes estrategias mundiales para reducir la ingesta de sal de la población.

Es importante observar, en la tabla 2, como el objetivo de reducción de sal perseguido no es unánime en todos los países sino que está relacionado con la ingesta que se realizaba en la primera década del siglo XXI en cada una de las poblaciones, de modo que se persigue una reducción progresiva en función de la ingesta de cada país. No obstante, en la mayoría de países la estimación de la ingesta de sal está valorada a partir de encuestas dietéticas aunque este no es el método más recomendado para este fin. El método que mejor se correlaciona con la sal ingerida es el análisis del sodio excretado por la orina (Purdy, 2007). En algunos países es obligatorio

reformular los alimentos mientras que en otros reducir la sal de los alimentos procesados es voluntario.

Tabla 2. Estrategias mundiales para la reducción de la ingesta de sal de la población.

País	Promotor	Ingesta de sal de la población (g/persona/día)	Objetivo consumo de sal (g/día)	Reformulación de los alimentos procesados
Argentina	Gobierno	12,5 (ED)	6	Obligatorio
Canadá	Gobierno	7,8 (ED)	6	Voluntario
China	ONG	12 (ED)	6	No
Dinamarca	Gobierno	7-11 (O24h)	5	Voluntario
EEUU	Gobierno	8,6 (ED)	6	Voluntario
España	Gobierno	5,4 (ED)	5	Voluntario (pan)
Francia	Gobierno	8,4 (ED)	8	Voluntario
Inglaterra	Gobierno	9,5 (O24h)	6	Voluntario
Irlanda	Gobierno	10 (ED)	6	Voluntario
Japón	ONG	13,2 (ED)	6	No
Portugal	Gobierno	11,9 (ED)	6	Obligatorio
Suiza	Gobierno	8,1-10,6 (O24h)	8	Planificado

Obtención de datos mediante, ED: encuesta dietética; O24h: orina de 24 horas. Fuente: Adaptación de Brindsen et al. 2012.

En España y mediante la Estrategia para la Nutrición, la Actividad Física y la prevención de la Obesidad, conocida como Estrategia NAOS, entre otras medidas, se estableció reducir la cantidad de sal en el pan, al ser uno de los alimentos que más contribuye a la ingesta de sal, en 19,1%, de la población española (AESAN, 2004; AESAN, 2009a). Esta reducción de sal en el pan, se acordó con las organizaciones de empresas elaboradoras de pan representadas por la Confederación Española de Organizaciones de Panadería (CEOPAN)

(AESAN, 2004), mediante las siguientes acciones y citado textualmente:

- *Reducción progresiva del porcentaje de sal utilizado en la elaboración de pan, que pasaría de un 2,2% a un 1,8% (18 g NaCl/kg harina). Esta disminución se completaría en un período de cuatro años, a razón de 0,1% anual.*
- *Esta reducción paulatina en el contenido de sal permitirá una adaptación gradual del gusto de los consumidores a un pan menos salado.*
- *Esto hará del pan español uno de los menos salados de Europa y permitirá contribuir al objetivo de limitar la ingesta diaria de sal a 5 g/día.*
- *Esta intervención se acompañará de otras iniciativas informativas destinadas a promover la disminución del contenido en sal en otros alimentos y moderar la práctica de añadir sal en el cocinado de los alimentos y en la mesa.*

En el marco de la Estrategia NAOS, en el año 2008, se presentó el “Plan de reducción del consumo de sal” con el lema *Menos sal es más salud*. Esta campaña se diseñó para ofrecer a la población herramientas sobre cómo reducir el consumo de sal diario para llegar de forma progresiva a las recomendaciones de la OMS que se sitúan en 5 g/día (OMS, 2012).

En 2007 se realizó un análisis de seguimiento en el que se analizaron 800 muestras de pan de diferentes procedencias, panes elaborados de tipo tradicional, industrial y a partir de masas congeladas. Las analíticas se realizaron en el Centro Nacional de

Alimentación de AESAN en colaboración con el Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Santiago de Compostela (AESAN, 2008). La cantidad de pan analizado fue de 100 g de pan cocido. Los resultados del estudio, demostraron que se había reducido la cantidad de sal hasta 1,63 g NaCl/100 g de pan cocido, que se interpretó como 16,3 g NaCl/kg de harina (AESAN, 2009b). Se puede observar como las unidades no son las mismas, el análisis se realizó con 100 g de pan cocido y la interpretación se hizo sobre kg de harina. Por lo que se requiere estudiar la relación existente entre la cantidad de sal que se encuentra en el pan cocido y la cantidad en base harina que se ha utilizado en el momento de elaborar el pan.

Es, por tanto, una necesidad aclarar las unidades con las que se expresan los resultados del contenido de sal, ya que no es lo mismo los gramos de NaCl en base a harina que en base a 100 g de pan cocido, por lo que la forma de definir la concentración de sal puede llevar a la confusión.

Así, la relación entre el contenido de sal de la harina utilizada en el proceso de elaboración del pan y la cantidad de sal en el pan listo para consumir se desconoce, y es uno de los objetivos de esta tesis.

3- EL PAN Y LA PANIFICACIÓN

El pan es uno de los alimentos más antiguos y ampliamente consumido por la humanidad (Leray et al., 2010; Quilez et al., 2012). Además, el pan ha estado unido a la evolución del hombre y destaca su presencia en las distintas civilizaciones, descubrimientos, revoluciones y conquistas (Flandrin et al., 2004).

La relevancia del pan en la historia de la humanidad se refleja en el logo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la FAO / OMS, figura 4, que muestra una espiga de trigo y el lema *Fiat panis* (Hágase el pan). Y así, el trigo y el pan representan el objetivo de la FAO: “por un mundo sin hambre”.

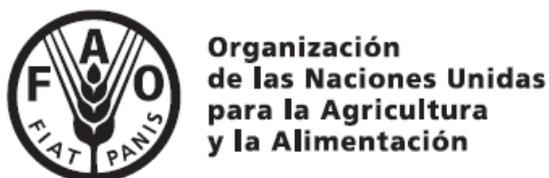


Figura 4. Logotipo FAO

La definición del pan según el Real Decreto 285/1999 de 22 de febrero por el que se modifica la Reglamentación técnico-sanitaria para la fabricación, circulación y comercio del pan y panes especiales, aprobada por el Real Decreto 1137/1984, de 28 de marzo, en su artículo 2, se define *“Pan, sin otros calificativos, como el producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, agua potable, con o sin adición de sal comestible,*

fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación”.

Cuando el pan se ha elaborado con otras harinas distintas a la de trigo, detrás de la palabra *pan* se debe especificar la clase de cereal que se utilice. Por ejemplo: el pan elaborado con harina de maíz deberá llamarse *pan de maíz*.

En el Real Decreto 285/1999, artículo 4bis, se encuentra la definición para el pan precocido, *“la masa es la definida en el artículo 2, en la cual la cocción se ha interrumpido antes de llegar a su finalización, siendo posteriormente sometida a un proceso de congelación o a cualquier otro proceso de conservación autorizado”.*

3.1- HISTORIA DEL PAN

Desde los comienzos de la historia, el trigo acompaña la vida del hombre. Se considera que la elaboración del primer pan de la historia fue en la época del neolítico, fruto del azar. Un antepasado del hombre conocía los cereales y elaboró una papilla mezclándolos con agua. Este hombre se olvidó la papilla en una especie de olla y al volver encontró una torta granulada, que había aumentado su volumen y que fue el origen del primer pan (Capel, 1991).

No obstante, parece que fue en Egipto (3.200 a. C.) el lugar históricamente señalado para el descubrimiento de la levadura y, con ella, la panificación (Quilez et al., 2012).

El río Nilo reunía excelentes condiciones para cultivar grandes extensiones de cereales. Se han encontrado en las tumbas de

faraones, grabados y estatuillas, que representan a esclavos rompiendo el grano con grandes morteros (figura 5).



Figura 5. *The court bakery of Ramses III.* En esta imagen se observa como los egipcios molturaban los granos y preparaban las tortas que luego transformaban en pan. Fuente: Wikimedia Commons.

En esta época, se hacían dos tipos de pan: la clase pobre comía pan de mijo y las clases privilegiadas consumían pan de trigo con miel. El amasado era a mano y el pan era considerado como uno de los presentes que debían ser ofrecidos al faraón. En algunos pergaminos se describe que el panadero de la corte disfrutaba de todo tipo de privilegios (Calaveras, 2004).

En la dieta egipcia, el pan era siempre un elemento básico, y por este motivo se conoce a los egipcios como “*comedores de pan*”. Además, fueron los egipcios los que introdujeron la costumbre gastronómica de colocar un pequeño pan de trigo en el lugar de cada comensal. Los egipcios tenían una diosa del pan, *Isis*, que llevó, según la leyenda, los granos de trigo cultivables desde el Líbano hasta las orillas del Nilo (Sastre, 2009).

Sin embargo, sería Grecia quien desarrollaría la industria panadera como una dedicación laboral y social de alto reconocimiento (Sastre, 2009). El pan se utilizaba en los cultos religiosos y era un alimento popular entre las clases dominantes. Los griegos fueron los primeros que añadieron leche, vino dulce y sal a sus panes. Atenas fue la cuna de la gran evolución del pan y los griegos, posteriormente, enseñarían las costumbres asociadas con el pan a los romanos (Calaveras, 2004).

En Roma, con el Emperador Octavio Augusto (63 – 14 a. C.) se contabilizaban 329 panaderías, la mayor parte dirigidas por griegos afincados en Roma. Con el Emperador Trajano (53 – 117 d. C.), la asociación de panaderos fue una institución poderosa que trabajaba a escala industrial con hornos, molinos y técnicas avanzadas de panificación. Los oficiales panaderos formaban un gremio que celebraban su fiesta oficial el 9 de junio (Sastre, 2009). En aquella época ya se fijaba el peso y el precio del pan (Calaveras, 2004). La palabra “cereal” proviene de las fiestas en honor a la diosa romana de la agricultura, *Ceres* (figura 6).



Figura 6. Representación gráfica de la diosa Ceres (Lindemans, 1997).

El cristianismo también ha utilizado el pan como símbolo, fue el alimento de la última cena, y en torno a él se celebra el sacramento de la Eucaristía. El libro sagrado de la Biblia nombra el pan 264 veces y el trigo, 40 veces (Lejavitzer, 2008). El pan siempre ha ocupado un espacio sagrado en la vida del hombre y en sus actividades (Lejavitzer, 2008).

En el año 100 d. C. se constituye en Roma el primer Colegio Oficial de Panaderos que regula la profesión. Sus miembros gozaban de ciertos privilegios económicos, por ejemplo, no pagaban impuestos, y además el oficio se heredaba obligatoriamente de padres a hijos. Roma propagó la cultura del pan a sus colonias, si bien la panificación ya se conocía en España, debido a los celtíberos que en el siglo II a. C. habían introducido las técnicas de panificar el trigo (Benedito, 2009).

Los panaderos romanos distinguían los panes en función de su composición, forma y función. En este sentido crearon el *panis militaris*, especialmente elaborado para los soldados. Este pan tenía una larga conservación para mantener, durante días, a los soldados en sus marchas en pro de conquistas. La dieta de estos conquistadores se basaba en pan y vino. Esto propició a que se construyeran panaderías, exclusivamente militares, donde se almacenaban reservas de cereales y de pan (Flandrin et al., 2004).

En la Edad Media, el Señor feudal estableció su derecho sobre los vasallos que estaban obligados a llevar todas sus harinas al castillo donde él dispondría en función de sus necesidades. En el castillo se elaboraba el pan que luego el Señor vendería a sus vasallos

(Calaveras, 2009). En Europa, el cultivo de cereales descendió y con ello llegaron los periodos de hambre y la escasez de pan, que era el alimento base máspreciado. En muchos lugares de Europa, los monasterios se convirtieron en los principales productores de pan (Tejera, 1993).

En los primeros años del siglo XX, empezó la mecanización de las panaderías que propició la revolución industrial en el sector y se comenzó a utilizar la amasadora eléctrica para la fabricación del pan (Calaveras, 2004).

A partir de 1980, la panadería industrial vendía a sus clientes el pan cocido una vez al día, y en el caso de las personas que compraban el pan por la noche, en los supermercados, éste estaba duro ya que llevaba cocido más de veinte horas. La calidad del pan, al finalizar el día, estaba completamente mermada, por lo que se exigió la venta de pan cocido dos veces al día. La presión de las grandes superficies comerciales y la necesidad de reducir al máximo el tiempo entre la cocción del pan y su venta al público, condujeron al nacimiento de las técnicas de cocción parciales (Seoane, 1997).

En el año 1990, comenzaron las nuevas tecnologías panaderas llevando a los mercados el pan precocido y congelado que, en sólo cuatro años, alcanzó un 7% de las ventas de pan (Calaveras, 2004) y que en 2012 supuso un 25% (ASEMAC, 2012). El avance en la precocción y la congelación del pan permitió cambiar los hábitos de fabricación de los panaderos ya que con esta técnica elaboraban el pan por la tarde, se congelaba y la segunda cocción se realizaba por la mañana, justamente antes de abrir la panadería.

Además, la elaboración de pan precocido responde a cambios en los hábitos de compra de los productos panaderos. Por una parte, la demanda del consumidor de adquirir pan recién hecho a cualquier hora del día y por otra parte, el interés de los fabricantes en reducir costes (Rosell et al., 2009).

3.2 TIPOS DE PANES ELABORADOS Y CONSUMIDOS EN ESPAÑA

En España están catalogados un total de 315 tipos de panes que se pueden observar en la figura 7 (CEOPAN, 2006).

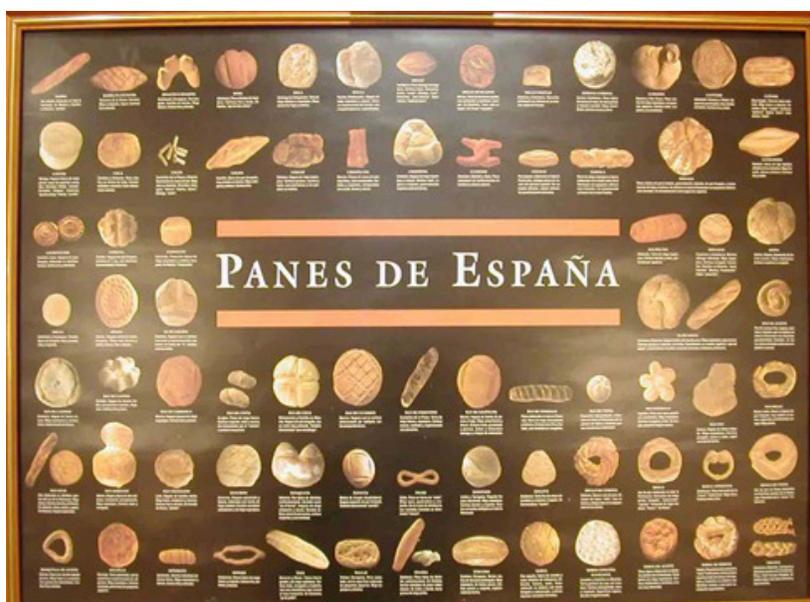


Figura 7. Panes de España. Fuente: CEOPAN (2006).

Sin embargo, según datos del 2009, el pan preferido por los españoles es la barra o pistola (61,2%), seguido de la baguette (18,3%), el pan integral o con fibras (14,4%) y la chapata (5,8%), el resto corresponde a panes especiales (0,3%) (MARM, 2009).

3.2.1 Consumo de pan en España

El consumo de pan en España ha descendido en los últimos años como se puede apreciar en la figura 8:

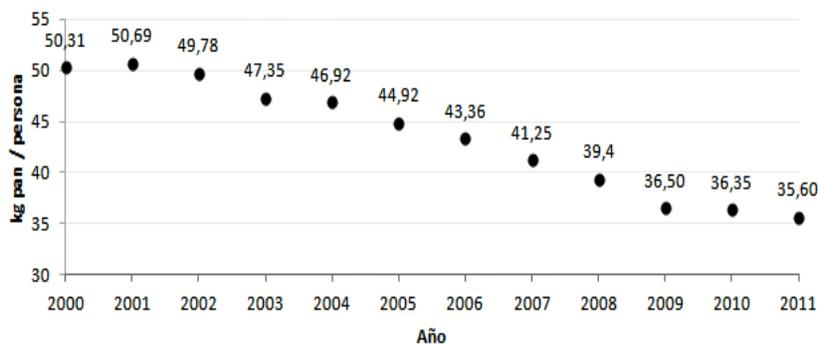


Figura 8. Consumo de pan en España. En esta figura se puede observar el consumo anual de pan por persona en España en los últimos 11 años (2000 a 2011, último año del que se dispone de datos). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2011).

Desde el año 2000, según los datos de la figura 8, se observa, que la disminución en el consumo de pan ha sido del 29,65%. Si se analiza el consumo de pan de 2011, el último año del que se dispone de datos, se puede apreciar como el consumo de 35,6 Kg pan/persona/año implica un consumo diario medio de pan de 97,5 g/persona/día, por lo que no se llega a los 100 g/persona/día.

Esta cantidad de pan, contribuye a la baja ingesta de hidratos de carbono que existe en España, aproximadamente un 41% del valor energético total (VET) diario (Varela-Moreiras et al., 2010), por debajo de las recomendaciones del 45% a 60% del VET según la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010) y de los 55 a 75% que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS)

(Seagle et al., 2009). Estudios recientes sugieren que la ingesta de pan en dietas hipocalóricas para la pérdida de peso facilitan el seguimiento a dicha dieta (Loria-Kohen et al., 2012).

3.3 FORMA DE EXPRESAR LA COMPOSICIÓN DEL PAN

En el argot panadero, tanto en la elaboración artesanal como en la elaboración industrial, es habitual expresar las formulaciones de los panes en base al porcentaje de harina y que se conoce como porcentaje panadero (Quílez et al., 2012).

El porcentaje panadero supone expresar la cantidad de harina como el 100% y el aporte del resto de ingredientes, como el porcentaje que supone respecto al valor del 100%, por lo que la suma de todos los ingredientes es superior a 100. En este caso, al trabajar con una proporción de harina, y no en unidades, como gramos, kilogramos o *pounds*, el resto de los ingredientes se expresan en porcentaje respecto al contenido total de harina y la harina es siempre el primer ingrediente de la formulación (Cauvain et al., 2006).

En la tabla 3 se puede observar como oscilan las cantidades de cada uno de los ingredientes en función del modo de expresión de las formulaciones de pan.

Tabla 3. Diferentes métodos de expresión de las formulaciones del pan.

Ingrediente	% panadero	% sobre el peso total	kg de producto
Harina (kg)	100	60,35	90,53
Agua (L)	60	36,20	54,30
Sal (kg)	2,2	1,33	2,00
Levadura (kg)	2	1,21	1,82
Mejorante panario (kg)	1,5	0,91	1,35
Total (kg)	165,70	100,00	150,00

Adaptación de Cauvain et al., 2006.

En esta tabla (tabla 3) se puede observar otra forma de expresar la formulación del pan que es en base al porcentaje de todos los ingredientes sobre el peso total, en este caso se da relevancia al porcentaje de masa panaria total, que sumará el 100%.

Y la última forma de expresar la formulación del pan que se puede observar en la tabla 3, es según el kg de producto, en este caso se expresan los ingredientes en función de la cantidad final de masa panaria que se quiera fabricar.

Como consecuencia, un punto clave en la elaboración del pan, es conocer la forma de expresar la composición de sus ingredientes para comparar el contenido de los mismos, entre distintos panes, p. e. definir la cantidad de sal presente en el pan que se consume, según se haya trabajado con el porcentaje en base a la harina o en base al pan ya elaborado y listo para consumir.

Las fórmulas utilizadas para la realización de la parte experimental de esta tesis doctoral están expresadas en porcentaje

panadero, por lo tanto la suma total de la harina con el resto de ingredientes es superior a 100.

3.4- INGREDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DE PAN

Los ingredientes que se utilizan para la elaboración del pan son:

- ✓ Harina
- ✓ Agua
- ✓ Sal común
- ✓ Levadura
- ✓ Mejorantes panarios

3.4.1- Harina

Según el Código Alimentario Español (CAE), entendemos por harina: *el producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finamente triturados de otros cereales deberán llevar añadido el nombre genérico de la harina del grano del cual proceden* (CAE, 1997).

El trigo (*Triticum*) es el cereal más utilizado en la elaboración de los productos derivados de los cereales. La variedad *Triticum vulgare* es la que habitualmente se utiliza para producir la harina que servirá para elaborar pan, galletas u otros productos similares, mientras que, normalmente, la variedad *Triticum durum* se utiliza para elaborar pastas alimentarias (Quaglia, 1991).

3.4.1.1- Calidad de la harina

La calidad de la harina de trigo depende, en gran medida, de la genética de cada variedad pero también de factores como la fertilización del terreno, la climatología o las infecciones de la planta (Quaglia, 1991).

Según Pyler (1988), la calidad de la harina se puede expresar de acuerdo a diferentes propiedades físicas y químicas de la masa, que además, según Hruskova (2003), determinarán su uso más apropiado.

En 1978, Finney publicó que una harina de buena calidad para elaborar pan debía tener:

- una elevada absorción de agua,
- un tiempo ni muy corto ni muy largo de amasado,
- una formación de un pan con un volumen considerable, y
- un buen alveolado en la miga.

Se considera que la harina es el componente más crítico para la elaboración de pan, ya que es el responsable de las características viscoelásticas de la masa panaria (Petrofsky et al., 1995).

Estas características viscoelásticas vienen determinadas por el gluten que es la proteína del trigo, que confiere las propiedades a la masa panaria en el proceso de la panificación (Kaur et al., 2011). Durante el amasado, el gluten se hidrata y se desarrolla una estructura que permitirá retener el gas formado durante la fermentación (Salvador et al., 2006).

3.4.1.2- Valoración de la calidad de la harina

Uno de los métodos para determinar la calidad de la harina es mediante un análisis reológico de la masa panaria, que permite prever su comportamiento durante el proceso de panificación (Dobraszczyk et al., 2003; Petrofsky et al., 1995; Salovaara, 1982).

El análisis de las propiedades reológicas de la harina se realiza mediante el alveógrafo de Chopin (Bettge et al., 1989; Hruskova et al., 2003; Ktenioudaki et al., 2010; Rasper et al., 1986) que se utiliza, de forma habitual, en Francia y en el Sur de Europa (Addo et al., 1990).

3.4.1.2.1- El alveógrafo de Chopin

El alveógrafo de Chopin (París, 1935) es un equipo para la evaluación del comportamiento de la harina de trigo según sus cualidades reológicas (Bettge et al., 1989; Hruskova et al., 2003).

El método de análisis alveográfico está estandarizado según el procedimiento 54-30A establecido por la *American Association of Cereal Chemists*, (AACC, 1995).

El método alveográfico consiste en:

- Preparar la muestra de harina a analizar (mezclar y homogeneizar)
- Determinar la humedad de la harina, método ICC 110/1 (*International Association for Cereal Science and Technology*) (ICC, 1994).

- Pesar 250 g de harina y añadirla en la amasadora del alveógrafo.
- Dosificar la solución salina (2,5% NaCl) mediante la bureta graduada ICC, el volumen de solución salina dependerá de la humedad de la harina.
- Amasar en la amasadora durante 1 minuto, parar y eliminar la masa adherida en las paredes de la amasadora.
- Volver a amasar en la amasadora durante 6 minutos más.
- Formar 4 pastones a partir de la masa de la amasadora (figura 9).
- Preparar las placas de vidrio, el rodillo, la vaselina para evitar que la masa se pegue en este material y el molde redondo para su posterior uso (figura 10).
- Poner los 4 pastones encima de las placas de vidrio y pasar 6 veces el rodillo, seguidamente se cortan los pastones con el molde circular (figura 11).
- Poner los pastones en la cámara de reposo a 24º C durante 28 min para que aumenten su volumen (figura 12).
- Pasado este tiempo y cuando el pastón ha aumentado de volumen, colocarlo en la platina de salida de aire y cerrarlo con la abrazadera (figura 13).
- Insuflar aire que hinchará el pastón hasta obtener un globo de masa hasta que se rompa a la vez que se crea la gráfica del alveograma (figura 14).
- Analizar los 4 pastones y a continuación recuperar la hoja con los gráficos del alveograma y realizar los cálculos correspondientes.



Figura 9. Imagen del proceso de amasado en el análisis alveográfico de la harina. En esta imagen se observa como sale la masa panaria después de 7 minutos de amasado.

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Material para el tratamiento de los pastones (de izquierda a derecha): las placas de vidrio, la vaselina, el molde circular y el rodillo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Pastones preparados para el reposo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Pastón reposado en la cámara a 24º C durante 28 min preparado para realizar el alveograma, se observa el aumento de volumen respecto a la figura 8.

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Imagen de la platina de salida de aire que forma parte del alveógrafo. En esta imagen se observa el receptáculo en el que se coloca el pastón de masa panaria para ser hinchada.

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Imagen del proceso de hinchado del pastón. Se observa la masa hinchada, por el aire presurizado, al mismo tiempo que se forma la representación gráfica del alveograma.

Fuente: Elaboración propia

El alveograma, tal y como se puede observar en las figuras 15 y 16, es una curva que representa de forma gráfica y numérica las cualidades físicas de la harina mediante los siguientes parámetros:

- ✓ P: tenacidad
- ✓ L: extensibilidad
- ✓ P/L: equilibrio de la masa panaria
- ✓ W: energía para la deformación o fuerza panadera
- ✓ G: grado de hinchamiento o volumen de la masa

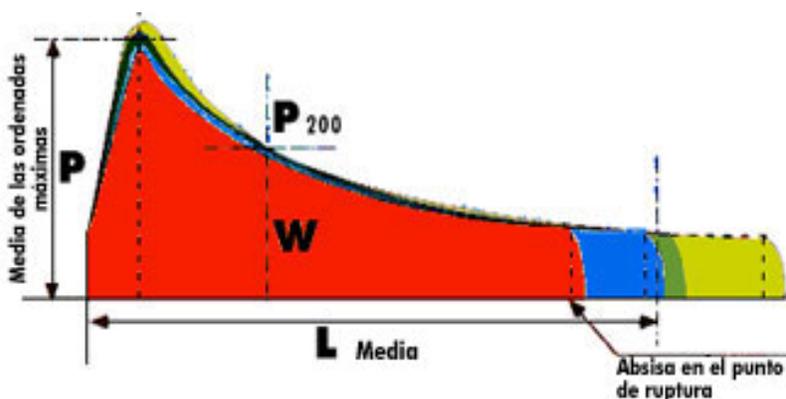


Figura 15. Representación gráfica del alveograma de Chopin. En la imagen se muestran los diferentes parámetros que caracterizan la reología de la masa. Fuente: Grupo Molinero.

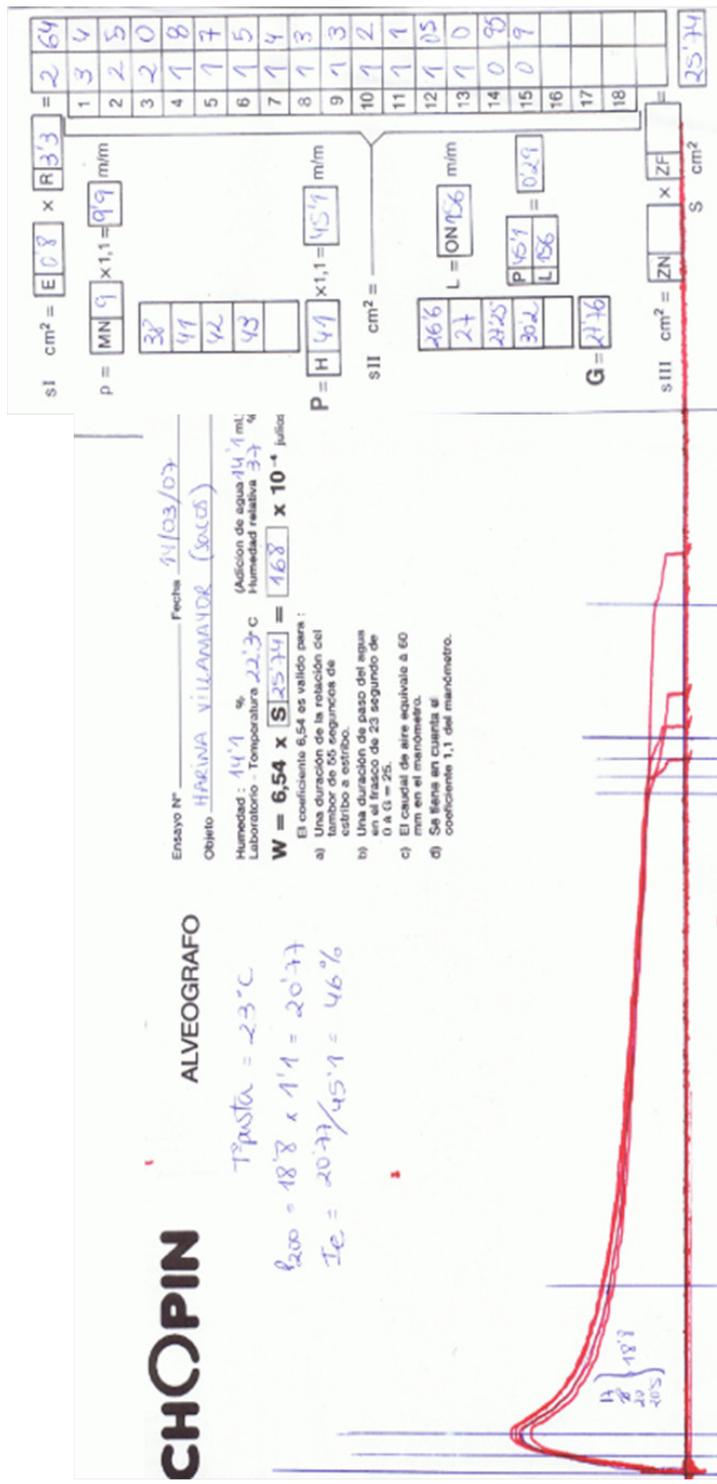


Figura 16. Alveograma de la harina de estudio. Fuente: Elaboraci3n propia.

Los parámetros de referencia del alveograma corresponden a:

- **P: tenacidad.** Mide la resistencia de la masa a la ruptura. Es la altura máxima de la curva del gráfico, medida en milímetros (mm) similar a la resistencia al estiramiento (Calaveras, 2004). Se considera un valor normal para la elaboración de pan entre 35 y 50 mm (Tejero, 1998).
- **L: extensibilidad.** Mide la capacidad de la masa para ser estirada e indica su elasticidad. Es la longitud de la curva medida en milímetros (mm). Se correlaciona con el volumen del pan (Calaveras, 2004). Los valores de referencia para la elaboración de pan oscilan entre 90 y 115 mm (Tejero, 1998).
- **P/L.** Representa el equilibrio de la harina y es la relación entre la tenacidad y la extensibilidad. De este equilibrio depende el destino más adecuado de la harina (Calaveras, 2004). Para fabricar piezas pequeñas de pan, el valor de P/L puede oscilar entre 0,6 y 0,8 mientras que para la fabricación de pan francés y barras largas el equilibrio estará alrededor de 0,3 y 0,5 (Tejero, 1998).
- **W: energía para la deformación o fuerza panadera ($\times 10^{-4}$ J).** Expresa la fuerza panadera e indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa, empujada por aire, hasta su ruptura. Esta fuerza panadera se determina mediante el área que se encuentra debajo de la curva del gráfico (Calaveras, 2004). En función del valor de W clasificamos a las harinas de acuerdo con la tabla 4.

Tabla 4. Tipos de harinas clasificadas según su fuerza panadera.

W ($\times 10^{-4}$ J)	Clasificación de las harinas
> 250	Harinas fuertes
de 200 a 250	Harinas de gran fuerza
de 150 a 200	Harinas de media fuerza
de 90 a 150	Harinas flojas
< 90	Harinas muy flojas

En función del tipo de pan que se elaborará se requiere de un tipo de harina u otro. Por ejemplo, las harinas muy flojas se utilizarán para la elaboración de mantecados, las harinas de media fuerza se emplearán para la elaboración de pan francés y las harinas de gran fuerza para la elaboración de productos de bollería como los croissants (Calaveras, 2004).

- **G: grado de hinchamiento (volumen de la masa).** Mide el volumen de aire necesario para hinchar la masa y formar la burbuja del alveograma. El valor de G indica la aptitud de la harina para dar un pan con buen desarrollo (Calaveras, 2004) y se mide en mililitros (mL). Se considera que los valores de 20 a 23 mL son los óptimos para la elaboración de pan (Tejero, 1998).

Se conoce la elevada correlación entre las variables L y W del alveograma con el contenido en proteína de la harina o el volumen de la barra de pan. Además, la altura del alveograma puede ser un buen índice de la estabilidad de la masa (Khattak et al., 1974).

3.4.2- Agua

El agua tiene una notable influencia en la tecnología de la panificación y en el pan ya que influye en la fuerza de la masa, en la velocidad de fermentación, en el aroma y en el sabor del pan (Guinet et al., 1996).

El agua utilizada en la panificación debe ser potable, y en función de su contenido en sales minerales se puede clasificar en:

- **Aguas alcalinas:** son las que contienen sales de carbonato de sodio. La alcalinidad del agua neutraliza la acidez tanto de los productos como de la acidez producida durante la fermentación. Para conseguir la neutralidad se compensa mediante la adición de reguladores del pH (ácido láctico, ácido cítrico, ...). Estos reguladores del pH debilitan la estructura del gluten provocando la pérdida de gas (Quaglia, 1991).
- **Aguas duras:** son las que contienen sales minerales en cantidades superiores a 25º hidrométricos franceses (H). La dureza óptima para trabajar las masas panarias es entre los 20 y los 25º H. Las aguas muy duras aumentan la tenacidad de la masa y retardan la fermentación, mientras que las aguas muy blandas (< 15 ºH) hacen masas muy pegajosas y con demasiada elasticidad (Tejero, 1998).

3.4.3- Sal

La sal tiene importantes funciones en el proceso de la panificación (Belz et al., 2012; Linko et al., 1984).

Su uso depende en gran medida de las preferencias de los consumidores y varía desde:

- un 0% en las *chapattis ázimas*, es un tipo de pan elaborado sin levadura y sin sal típico de las zonas árabes (Marruecos, Pakistán, Irán, ...) hasta
- un 3% en un producto húngaro muy popular

Los panes de molde se hacen a partir de una masa que contiene un 2% de sal (Gould, 2007).

Aunque, también, cabe destacar que la cantidad de sal añadida a la masa panaria tiene diferentes funciones tecnológicas en el proceso de elaboración de los productos panaderos y que condiciona el propio proceso de elaboración. La cantidad de sal oscila entre 2,2% y 2% o 2,4%, en porcentaje panadero, en función del tipo de pan que se elabore.

3.4.4- Levadura

La levadura es el componente biológico que se añade a la masa panaria con la finalidad de lograr su esponjosidad.

La principal levadura utilizada en el proceso de la panificación es *Sacharomyces cerevisiae* en forma fresca, prensada, seca o líquida. La levadura es un producto natural capaz de transformar los azúcares en

CO₂, alcohol etílico y energía. Los azúcares complejos fermentables se transforman en formas más simples por mediación de la enzima zymasa. Mediante mecanismos de oxidación-reducción, la levadura metaboliza los azúcares que hacen el pan más digerible (Calaveras, 2004).

La dosis de levadura necesaria dependerá de la temperatura y de la velocidad del proceso aunque la cantidad adecuada está alrededor del 2% en porcentaje panadero, teniendo en cuenta que:

- A temperaturas elevadas, aumenta la actividad de la levadura y por lo tanto se debe disminuir la dosis (Miller et al., 2008).
- A bajas temperaturas, es necesario aumentar la dosis de levadura.

3.4.5- Mejorantes panarios

Los mejorantes panarios se consideran aditivos, por lo que su uso está regulado por la Reglamentación técnico-sanitaria para la fabricación, circulación y comercio del pan y panes especiales (RD 285/1999) y el Reglamento 1129/2011 de 11 de noviembre que establece la lista positiva de aditivos permitidos en la Unión Europea.

Los mejorantes panarios se utilizan para reforzar las características de las harinas con el objetivo que la masa resultante pueda ser manipulada mediante un proceso mecánico. De este modo la masa tendrá buena capacidad de producción y retención de gas. La consecuencia final de la presencia de aditivos sobre el producto, cuando se ha utilizado el tipo y la dosis adecuada, es un mayor

desarrollo de la pieza, mayor suavidad de la miga, buen color y brillo de la corteza y que cruja suavemente sin desprenderse (Tejero, 1998).

Los mejorantes panarios más utilizados son:

- **Antioxidantes:** como el ácido ascórbico (E-300) que mejora la tenacidad de la masa. El límite de dosificación, antiguamente, era de 20 g ácido ascórbico/100 kg de harina (RD 285/1999), mientras que con el actual reglamento sobre aditivos se establece la categoría de *quantum satis* (sin límite de dosificación, se puede utilizar la dosis necesaria para conseguir el efecto deseado) para el ácido ascórbico (Reglamento 1129/2011) aunque el uso habitual en panadería oscila entre los 8 y los 12 g/100 kg harina.
- **Emulsionantes:** tienen un importante efecto sobre el volumen, la textura de la corteza, el alveolado de la miga y la conservación del pan. Los más utilizados son:
 - **Lecitina de soja (E-322):** mejora la extensibilidad de la masa. La dosis habitual es inferior a 2 g/100 kg de harina para el pan común y la cantidad de 4 g/100 kg harina para el pan especial, siendo *quantum satis* (sin límite de dosificación, se puede utilizar la dosis necesaria para conseguir el efecto deseado) (Reglamento 1129/2011).
 - **Mono y diglicéridos de los ácidos grasos (E-471):** proporcionan más volumen y una corteza suave, su uso está muy extendido en los panes de molde y en la bollería. La

dosis es de *quantum satis* (sin límite de dosificación, se puede utilizar la dosis necesaria para conseguir el efecto deseado) (Reglamento 1129/2011).

- **Ésteres del ácido diacetiltartárico (DATA) (E-472e):** refuerza y acondiciona la masa produciendo mayor fuerza y capacidad de retención de gas. La dosis de uso oscila entre 3 y 5 g/kg harina siendo *quantum satis* (sin límite de dosificación, se puede utilizar la dosis necesaria para conseguir el efecto deseado) (Reglamento 1129/2011).
- **Reguladores del pH:** evitan el crecimiento de *Bacillus subtilis* que provoca el ahilamiento del pan que provoca un olor parecido al de la fruta en descomposición y que produce unas manchas oscuras y muy pegajosas en el centro de la miga.
- **Enzimas:** amilasas, hemicelulasas y lipasas que se utilizan para hidrolizar el almidón y de este modo obtener azúcares simples que a posteriori serán utilizados por las levaduras.

3.5- PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN

Si bien cada panadero y cada fabricante industrial de pan utiliza el método de elaboración que más se adapta a sus necesidades, según su panadería o estructura industrial o el producto a elaborar, comúnmente se distinguen 4 procesos de panificación centrados principalmente en diferentes procesos de amasado (Cauvain et al., 2007):

1. Método directo: se considera el método más tradicional de elaboración de pan. Se deja reposar todo el volumen de masa, al menos durante 1 hora, después del amasado y antes de la subdivisión en varias piezas. La duración total del proceso de elaboración del pan dependerá del producto que se elabore.
2. Método esponja y masa: conocido también como “*polish*”, donde una parte de la masa se somete a un periodo de fermentación prolongado y esta se añade a los ingredientes restantes para, después de mezclarlos obtener el volumen final de la masa panaria. La duración total del proceso de elaboración dependerá del producto que se elabore.
3. Método de procesado rápido: el periodo de fermentación de la masa después del amasado y antes de la subdivisión en varias piezas, es inexistente o es un periodo muy corto. La duración total del proceso de elaboración del pan dependerá del producto que se elabore.
4. Método de Chorleywood (CBP© - *Chorleywood Breadmaking Process*): es un método desarrollado en 1961, en Inglaterra. Se produce un desarrollo rápido de la masa, que tiene lugar en la amasadora, y se evita el largo periodo de reposo, de al menos 1 hora, después del amasado como ocurre en el método directo (Cauvain et al., 2007). La duración total del proceso de elaboración del pan dependerá del producto que se elabore.

Las principales diferencias entre las diversas formas de panificación están relacionadas con la mezcla y el amasado, la

incorporación de aire y la formación y desarrollo de la estructura de gluten.

Durante la formación de la masa panaria se producen cambios en las propiedades físico-químicas de la misma, se mejora su aptitud para retener el gas, el CO₂, que han generado las levaduras durante la fermentación. Esta aptitud de retención de gas es muy importante cuando las piezas se introducen en el horno ya que evitará que las barras pierdan el volumen conseguido y se aplanen (Seoane, 1997).

Estos 4 diferentes métodos de amasado del pan se pueden utilizar en cualquiera de las siguientes técnicas de panificación y tanto en la panadería tradicional como en la industrial:

- ✓ Técnica tradicional de elaboración del pan
- ✓ Técnica de elaboración de la masa congelada
- ✓ Técnica de elaboración del pan precocido congelado

3.5.1- Técnica tradicional de elaboración del pan

En esta técnica, todo el proceso se realiza en la panadería ya sea tradicional o industrial y se divide en las siguientes etapas:

1- AMASADO: es el proceso de mezcla de agua, harina, levadura, sal y los otros ingredientes en las proporciones adecuadas para que desarrolle la estructura de gluten (proteínas hidratadas) de la harina mediante la aplicación de energía durante la mezcla de los ingredientes (figura 17).

En el amasado, al mezclar los ingredientes se incorpora aire del ambiente que facilita la formación de la masa panaria. El

desarrollo continuo de la estructura de gluten que se forma modifica las propiedades reológicas de la masa y mejora la capacidad de expansión de la masa panaria para cuando aumente la presión del CO₂ generado durante la fermentación. El amasado, también, será el momento en el que se generarán y modificarán las sustancias que darán el sabor y el aroma específico de la masa.



Figura 17. Amasadora. Fuente: Elaboración propia

- 2- **DIVISIÓN:** la masa se divide en piezas unitarias, para el consumo, y las características varían, en función del producto que se quiera elaborar.
- 3- **BOLEADO:** consiste en darle forma esférica a cada pieza unitaria (Seoane, 1997).
- 4- **REPOSO:** cada una de las bolas de masa debe estar un tiempo en reposo para que la masa sea más manejable y permita la formación del producto final. Este tiempo de reposo puede variar desde los pocos minutos (p.e.: baguette) a varias horas (p.e.: chapata) en función del producto que se pretende elaborar.

- 5- FORMACIÓN:** las bolas de masa se moldean para que adquieran el aspecto deseado. En la mayoría de los casos, estas bolas se estiran hasta formar las barras de la medida deseada en función del producto (p.e.: en la baguette se estiran hasta formar barras de 55 cm).
- 6- FERMENTACIÓN:** la fermentación alcohólica se produce por la intervención de las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) a una temperatura y humedad controladas. Las distintas fermentaciones complementarias son la fermentación butírica, láctica y acética. La fermentación produce un aumento en el volumen de las piezas, como consecuencia de la retención de CO₂ y de las modificaciones de las características plásticas de la masa, permitiendo la expansión de las piezas (Calaveras, 2004; Cauvain et al., 2007) así como contribuir al desarrollo del *flavour* (Sluimer, 2005).
- 7- ESCARIFICADO:** el escarificado se define como el corte que se realiza, normalmente, mediante una cuchilla sobre las barras de pan, poco antes de su cocción y después de la etapa de fermentación. Durante la cocción del pan, se producen unas aperturas similares y de misma longitud que favorecen la estructura crujiente y el aspecto visual característico (Guinet et al., 1996). No obstante, este paso no se realiza en todos los productos ya que en el caso de los panes con aspecto más artesanal (p.e.: chapata), se espera que el pan adquiera su forma espontáneamente, en el horno.
- 8- HORNEADO:** el horneado permite la formación de la corteza. Su color característico se produce por la reacción de Maillard. En el

horneado la estructura del pan se fija y libera el alcohol producido durante la fermentación, y la retención del CO_2 dará la esponjosidad final al pan (Fadhel et al., 2010). En la figura 18 se observa un horno de aire de uso muy habitual para el proceso de horneado.



Figura 18. Horno de aire. Fuente: Elaboración propia

9- ENFRIAMIENTO: las barras de pan se dejan enfriar a temperatura ambiente.

10- ENVASADO: después de enfriar, las barras de pan se envasan y el pan ya está listo para su distribución.

El diagrama de flujo que resume este proceso se describe en la figura 19.

El principal inconveniente de esta técnica tradicional de elaboración del pan es la falta de frescura en el momento de entrega y el endurecimiento del pan a lo largo del día (Seoane, 1997).

3.5.2- Técnica de elaboración de la masa congelada

Esta técnica se basa en la paralización del proceso de elaboración del pan en una determinada fase mediante la aplicación del frío, para proseguir el proceso, posteriormente, en el punto de venta. Según la fase en la que se interrumpe el proceso de elaboración del pan se puede diferenciar entre dos tipos de masas (Seoane, 1997):

- Masas fermentadas congeladas: se interrumpe el proceso después de la fermentación mediante la aplicación de frío. Este proceso se detalla en la figura 20.
- Masas no fermentadas congeladas: se aplica frío antes de fermentar la pieza, y los pasos restantes se realizarán en el punto de venta. Este proceso se detalla en la figura 21.

3.5.3- Técnica de elaboración del pan precocido congelado

La técnica de elaboración del pan precocido congelado es una técnica líder en innovación de la industria del pan. Si el proceso está optimizado, se puede obtener un pan que tanto a nivel sensorial como a nivel de textura es muy parecido al pan elaborado de forma tradicional (Curic et al., 2008). La precocción es un término que se emplea para describir un método de elaboración de pan que implica un horneado en dos tiempos (figura 22) (Rosell et al., 2007):

- a) En el primer horneado, se consigue un pan suficientemente rígido (Seoane, 1997), mediante la gelatinización del almidón y la coagulación del gluten pero sin llegar a que la corteza se colorea,

es decir, sin que se produzca la reacción de Maillard (Farahnaky et al., 2008; Ribotta et al., 2007). La duración de esta parte del proceso dependerá del producto que se elabore y puede oscilar entre los 11 min (p.e.: baguette) o los 20 min (p.e.: chapata). Este horneado se realiza en la panadería industrial, y

b) el segundo horneado en el que las piezas de pan, habitualmente en forma de barras, se hornean por segunda vez en el punto de venta (Farahnaky et al., 2008; Rosell et al., 2007). De este modo se podrá servir al consumidor pan caliente, oloroso, crujiente y con el color característico tantas veces al día como se desee (Farahnaky et al., 2008; Vulicevic, 2004).

Entre el primer y segundo horneado o cocción, lo más habitual es que el pan se congele de forma intensiva mediante técnicas de congelación a temperaturas inferiores a los -35°C durante un tiempo superior a los 30 min. Este periodo de tiempo dependerá del volumen del pan y del número de piezas de pan que se puedan introducir en el congelador (Bárceñas et al., 2003). Con el proceso de congelado se consigue tener unas piezas de pan con una caducidad que oscila entre los 4 meses y el año, siempre y cuando no se rompa la cadena del frío y se almacene el producto en cajas de cartón con bolsa de polietileno a una temperatura inferior a los -18°C (Rosell et al., 2007; Vulicevic et al., 2004). La congelación de las piezas de pan precocido detiene el proceso de envejecimiento y el desarrollo de mohos. Además, la congelación endurece el producto, dando estabilidad a un pan que de otra forma sería frágil y difícil de transportar y almacenar (Seoane, 1997; Vulicevic et al., 2004).



Figura 19. Técnica tradicional de elaboración de pan.

En este diagrama de flujo se describen las diferentes etapas de la técnica tradicional de elaboración de pan que se puede realizar tanto a nivel artesanal como industrial.



Figura 20. Técnica de elaboración de masa congelada fermentada.

En este diagrama de flujo se describen las diferentes etapas de la técnica de elaboración de masa fermentada congelada. En el punto de venta las masas se descongelan, se les da la forma requerida y se cuecen.

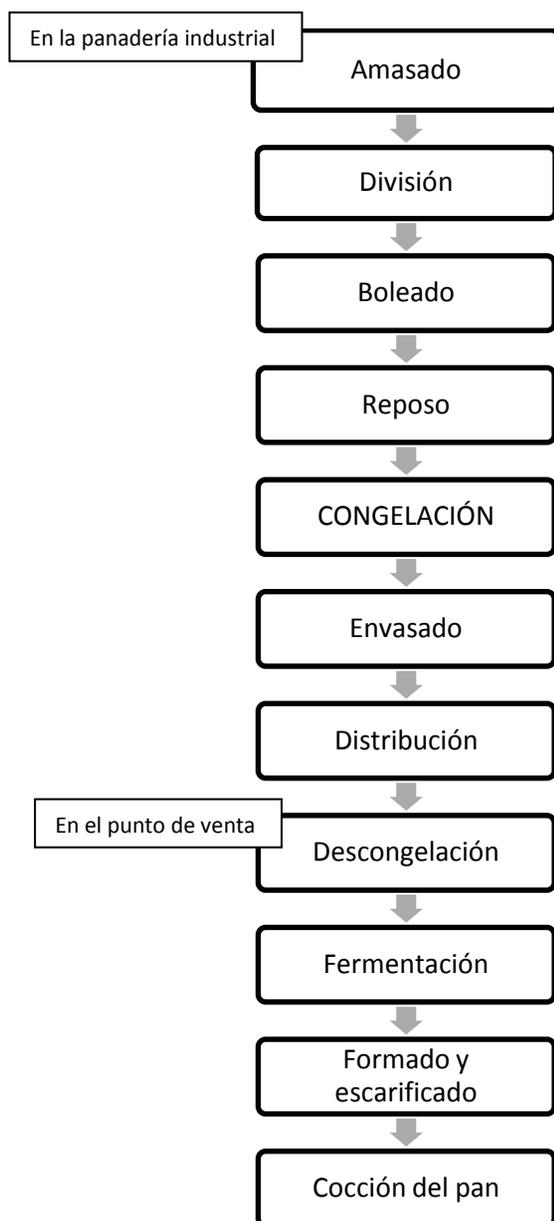


Figura 21. Técnica de elaboración de masa congelada no fermentada.

En este diagrama de flujo se describe el proceso en el que se congela la masa después del boleado de las piezas. En el punto de venta, las masas se descongelan, se les da la forma requerida, se fermentan y se cuecen.

**Figura 22. Técnica de elaboración del pan precocido congelado.**

En el diagrama de flujo, se observa que en esta técnica se realiza un horneado o primera cocción en la industria panadera y se congela. En el punto de venta, se realiza el segundo horneado de estas barras de pan.

4- EFECTOS TECNOLÓGICOS DE LA SAL EN EL PAN

Si bien la ingesta excesiva de sal supone un claro problema para la salud, son muchos los que consideran a la sal como un ingrediente que solamente aporta sabor al pan, pero no se debe obviar la influencia que la sal tiene en cada una de las diferentes etapas de elaboración del pan así como en las características reológicas, sensoriales y de conservación del pan (Beck et al., 2012, Man et al., 2007).

4.1- EFECTOS DE LA SAL EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA PANIFICACIÓN

A continuación se describen los diferentes efectos tecnológicos de la sal en las principales etapas de elaboración del pan como son el amasado, la fermentación y la cocción:

4.1.1- Influencia de la sal en el proceso de amasado del pan

La masa panaria es una compleja mezcla de almidón, proteínas, agua, fibras, sal y otros ingredientes minoritarios. El primer proceso de elaboración del pan es el desarrollo de la masa durante el amasado (Lynch et al., 2009). La sal actúa, principalmente, sobre la formación de la red de gluten que le proporcionará a la harina un aumento de la fuerza panadera (W). Este efecto está causado por las interacciones entre las características iónicas de la molécula de sal y las proteínas de la harina. Es conocido que los niveles bajos de sal

producen una red de gluten débil (Angioloni et al., 2005; Tejero, 1998).

Además, con la adición de sal, el gluten forma una red de fibras cortas debido a las fuerzas de atracción electroestáticas que incrementarán la tenacidad (P) de la masa panaria (Tejero, 1998). El gluten con sal se presenta rígido dando lugar a una masa más compacta en comparación al gluten obtenido sin sal (Angioloni et al., 2005; Tejero, 1998). La ausencia de sal en el proceso industrial de elaboración del pan produce cambios importantes en las características reológicas debido a que disminuía la consistencia de la masa panaria (Wehrle et al. 1997). Por este motivo, la producción industrial del pan con un bajo contenido en sal requiere un estudio de los cambios reológicos de la masa panaria con la finalidad de entender lo que sucede con diferentes concentraciones de sal (Belz et al., 2012).

También podemos añadir que la sal evita el aumento de la oxidación de la masa derivada de un exceso de amasado (Tejero, 1998).

La cantidad y el momento de añadir la sal son dos factores que varían en función del tipo de harina y del sistema de elaboración del pan (Miller et al., 2008):

- a) **Cantidad de sal:** en el proceso de elaboración del pan con amasado directo (apartado 3.5) se aconseja una proporción de un 2% de sal que se adiciona al inicio del amasado mientras que en la preparación clásica de la masa se puede disminuir la cantidad de sal a 1,8% (Calaveras, 2004).

b) Fase del proceso de amasado en que se añade la sal: la opción de incorporar la sal al inicio del amasado cuando se utiliza el método directo mantiene el color blanco marfil de la miga, que en otro caso, si se añade en otro momento del proceso, debido a la oxidación de la masa, el pan se volvería excesivamente blanco (Belz et al., 2012; Tejero, 1998).

4.1.2- Influencia de la sal en el proceso de fermentación del pan

La sal actúa sobre la actividad de las levaduras ya que estabiliza y regula la fermentación (Belz et al., 2012). Este efecto se explica por la acción de los iones de sodio y cloro sobre la presión osmótica en la membrana semipermeable de las células de la levadura, de modo que la sal inhibe el crecimiento de las levaduras. Por otro lado una reducción en la cantidad de sal provoca un aumento en la actividad de las levaduras y en la producción de CO₂ (Belz et al., 2012). Además, la sal, por su propiedad antiséptica, actúa también retrasando las fermentaciones secundarias de los microorganismos productores de ácido acético, butírico y láctico, y disminuye el desarrollo de CO₂, con una disminución de la porosidad del producto final (Lynch et al., 2009).

4.1.3- Influencia de la sal en el proceso de horneado del pan

La disminución de sal influye en la textura y el color de la corteza que puede estar causado por una red de gluten débil ya que la sal provoca un aumento en la actividad de las levaduras provocando una

disminución en los azúcares libres que quedarán para la reacción de Maillard (Belz et al., 2012; Sluimer, 2005).

4.2- INFLUENCIA DE LA SAL EN LA CALIDAD FINAL DEL PAN

La calidad del pan se define a partir de su apariencia y forma expresado como el volumen final del pan, a partir del color (Gellynck et al., 2009) así como a partir de su estado de conservación ya que la pérdida de frescura que se valora de forma negativa en la compra de pan por parte de los consumidores (Curic et al., 2008).

4.2.2- Influencia de la sal en el volumen final del pan

Existe cierta controversia sobre los efectos que tiene la sal en el volumen del pan, varios autores han demostrado que la sal aumenta el volumen (Galal et al., 1978), otros reportan que disminuye el volumen (Beck et al., 2012; Czuchajowska et al., 1989) y otros que la sal no afecta al volumen del pan (Belz et al., 2012; Lynch et al., 2009). Estas diferencias requieren más estudios acerca del efecto de la sal sobre el volumen del pan ya que las principales diferencias entre estos resultados están en las diferentes formulaciones y procesos de elaboración de los panes de estos estudios.

4.2.1- Influencia de la sal en la conservación del pan

El pan es un alimento con una elevada actividad de agua¹, los valores oscilan entre 0,69 y 0,98, y por tanto es un producto muy inestable frente a la contaminación microbiológica. La sal actúa como un agente conservante debido a su habilidad por reducir la actividad de agua (Beck et al., 2012).

La sal influye en la caducidad y el estado de conservación debido a su capacidad por absorber agua (higroscopicidad). Efectivamente, en un pan conservado en un ambiente seco, la sal reduce la cesión de humedad del producto al aire y retrasa el secado de la corteza (Farahnaky et al., 2007; Luchian et al., 2010). Mientras que si el pan se conserva en un ambiente húmedo, la sal tiende a adquirir la humedad del ambiente, y la introduce en el pan, por lo que el pan se ablanda, y se reduce el tiempo de conservación (Tejero, 1998).

Además, la sal añadida en el pan mantiene estable el crecimiento de microorganismos y levaduras impropios de la panificación (Beck et al., 2012).

4.3- INFLUENCIA DE LA SAL EN LAS PROPIEDADES SENSORIALES DEL PAN

A nivel sensorial la sal interviene en la textura, el color y el sabor del pan.

¹ La actividad de agua hace referencia al agua que se encuentra libre en los alimentos y que interviene en las reacciones físico-químicas así como facilita el crecimiento de microorganismos.

4.3.1- Influencia de la sal en la textura del pan

La sal es necesaria para el correcto desarrollo de la estructura tanto de la miga del pan como de la corteza, de hecho, la miga del pan sin sal se describe como “una masa muy densa” (Czuchajowska et al., 1989). En la misma línea, Lynch et al. (2009) demostraron que el pan sin sal se volvía blando y que tenía una elevada resistencia en la corteza, es decir, el pan se volvía “chicletoso” y no era aceptable por parte de los catadores entrenados que participaron en su estudio. Mientras que el pan elaborado con la concentración de sal habitual, en ese estudio se expresaba como 1,2% sobre el total de masa panaria, se consideraba aceptable a nivel de textura (Lynch et al., 2009).

4.3.2- Influencia de la sal en el color del pan

La sal favorece la coloración de la superficie del pan dando lugar a una corteza con una coloración marrón más viva. La sal hace más crujiente la corteza en comparación al pan sin sal (Belz et al., 2012). Esto se produce debido a que la sal actúa como retardador de la fermentación, la dosis que se utilice incidirá sobre el color de la corteza. En ausencia de sal, o a dosis bajas, la corteza será pálida ya que las levaduras, sin el freno que supone la sal a su actividad, agotarán más los azúcares existentes en la masa y se producirá muy poca reacción de Maillard (Czuchajowska et al., 1989). A dosis altas de sal, los colores de la corteza del pan serán marrones oscuros o muy oscuros, ya que al retener mucho el consumo de azúcares por parte de las levaduras, la proporción de estos en la masa es lo

suficientemente alta como para provocar una reacción de Maillard importante (Belz et al., 2012; Cauvain, 2007).

4.3.3- Influencia de la sal en el sabor del pan

El organismo humano tiene sensores especializados en la lengua capaces de detectar específicamente el sabor salado de los alimentos, se conocen como papilas fungiformes y se localizan en la zona lateral inferior de la lengua (Feldman et al., 2003).

La sal realza el sabor propio del pan y le confiere su aroma característico (Belz et al., 2012; Salovaara et al., 1982). Esto es el resultado del efecto que tiene la sal sobre la actividad de agua del pan. La disminución en la actividad de agua causada por la sal supone una concentración de las partículas que dan sabor que afecta disminuyendo su volatilidad facilitando su percepción por parte de las papilas gustativas (Belz et al., 2012). También, el efecto que tiene la reducción de sal en el desarrollo de la corteza tiene un importante impacto en el sabor del pan ya que las melanoidinas producidas durante la reacción de Maillard contribuyen a aumentar el sabor final del pan (Belz et al., 2012).

Se ha descrito, que en el pan tipo sandwich la sal se puede reducir hasta un 25% sin provocar cambios en el sabor según los consumidores (Girgis et al., 2003), mientras que en el caso del pan integral se puede tolerar una reducción de la sal de hasta un 50% de sal (Bolhuis et al., 2011). No obstante, Lynch et al. (2006) demostró, mediante un panel de cata entrenado formado por 8 catadores, que una reducción en la concentración de sal del 50% influenciaba de forma negativa en el sabor del pan.

Para el análisis del sabor del pan se pueden utilizar consumidores o catadores entrenados en función del tipo de prueba sensorial que se quiera realizar y en función del objetivo que se persiga. Las pruebas con consumidores se realizan para valorar la aceptación de un producto y se necesitan al menos 60 individuos, mientras que las pruebas con catadores entrenados se realizan en la mayoría de los casos para detectar diferencias y/o similitudes entre productos, ... y el número de individuos es menor. Ambos tipos de pruebas se realizan siguiendo la normativa AENOR 2010. En esta tesis se ha trabajado con un panel de cata entrenado.

4.4- POSIBLES ALTERNATIVAS A LA SAL

Todavía no existen sustitutos de la sal completamente efectivos a diferencia de lo que ocurre con los edulcorantes, estas diferencias se explicarían por las diferentes naturalezas en los mecanismos de captación por parte del cerebro para el sabor salado y para el sabor dulce (McCaughey, 2007).

Por lo que hace referencia a los sustitutos de la sal en el pan, estos deben cumplir con cada uno de los puntos en los que la sal interviene.

4.4.1- Alternativas a la sal para la conservación del pan

Una reducción muy importante en el contenido de sal del pan puede afectar a su caducidad. Esta reducción podría compensarse con el uso de envases con atmósferas modificadas, irradiaciones o la adición de conservantes en el pan (Belz et al., 2012).

No obstante, el uso de conservantes solo está permitido para los panes envasados, tipo el pan de molde, y no en el pan motivo de estudio. Aunque en la elaboración del pan precocido congelado, la propia congelación favorece poder alargar la caducidad del pan, esta caducidad se vería reducida después de la segunda cocción, con lo que el pan perdería sus características habituales antes de las 24 h.

4.4.2- Alternativas a la sal respecto al sabor del pan

La sustitución de la sal por cloruro de potasio (KCl) no produce ningún tipo de efecto sobre el proceso de elaboración del pan aunque presenta problemas a nivel del sabor cuando la sustitución es superior al 10% de la sal (Belz et al., 2012) ya que favorece la aparición de un sabor “metálico” (Walsh, 2007). Además, se debe tener en consideración que el exceso de potasio puede provocar hiperpotasemia con el riesgo de arritmias cardíacas que conlleva (He et al., 2007).

Otros productos para minimizar los cambios en el sabor del pan que se están investigando son los ácidos orgánicos o los dipéptidos (Belz et al., 2012) aunque estos ingredientes todavía no se encuentran en alimentos españoles.

5- IMPORTANCIA DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO EN ESPAÑA

La elaboración del pan precocido congelado tiene por objetivo, ofrecer al consumidor pan acabado de hornear en cualquier momento del día (Vulicevic et al., 2004).

Uno de los tipos de pan más vendidos en España, casi el 20% de las ventas de pan, es la baguette precocida congelada (BPC) (MARM, 2009). La BPC es un producto relativamente económico (entre 0,45 y 0,90 céntimos de euro por unidad, en forma de barra de pan) y se vende en los supermercados, pequeñas tiendas o puntos de venta de alimentos de las gasolineras.

En España, la chapata, típico pan italiano, supone un 5,8% del consumo total de pan (MARM, 2009).

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA BPC

En Francia, hasta octubre de 1920 se hacían grandes panes, pero una ley que prohibía a los panaderos trabajar antes de las 4 de la mañana, hizo imposible hacer las tradicionales piezas de pan a tiempo para el desayuno de los consumidores. De este modo surgieron los panes largos y la delgada baguette solucionó el problema ya que se podía preparar y cocer mucho más rápido que los grandes panes (Reinhart et al., 2001).

En 1993, el gobierno francés plasmó en una ley la definición de la baguette auténtica, la *baguette de tradition*, que sólo puede hacerse usando métodos antiguos. Una baguette estándar mide unos cinco o seis cm de ancho por tres o cuatro de alto, mide unos 85 cm de largo como máximo y suele pesar 250 g (Baardseth et al., 2000). Las características de fabricación de la BPC están determinadas por el peso, la longitud, el perímetro y la altura de las barras de pan.

En los departamentos de calidad de las empresas que fabrican este tipo de pan, determinan las medidas adecuadas y óptimas de cada producto, en función de sus ingredientes y proceso de elaboración, para la presentación al consumidor. Cuando alguna de las características de las barras de pan está fuera del rango óptimo de producción estas se retiran de la línea de producción y por tanto de la venta al público.

La dosis habitual de sal para la elaboración industrial de la BPC es de 2,2% de sal sobre harina (22 g NaCl/kg harina), la concentración de sal es característica de cada tipo de pan (Cauvain, 2006).

La reducción de sal propuesta en la Estrategia NAOS (AESAN, 2004) es de 1,8% de sal (18 g NaCl/kg harina) en general, para todos los tipos de pan, pero se debe analizar su aplicabilidad en cada uno de ellos (Angiolini et al., 2005; Farahnaky et al., 2007).

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LA CHPC

La chapata es un pan típico de Italia con un elevado consumo en España, 5,8% (MARM, 2009). El Boletín Técnico de los Panes, en Italia, define a la chapata como “*un producto largo, estrecho y*

aplanado con un sabor y aroma característico. La corteza es fina y crujiente con un intenso color tostado y la miga presenta grandes agujeros, conocidos como alveolos” (Breads in Italy. Technical Bulletin, XXIII, issue 9, 2001).

En el proceso industrial de elaboración de la chapata precocida congelada (CHPC), la concentración habitual de sal es 2,4% sobre harina (24 g NaCl/kg harina), y la reducción de sal a 1,8% sobre harina (18 g NaCl/kg harina), que contribuiría a una reducción del 25% de la ingesta de sal para este tipo de pan, aún no ha sido estudiada.

No obstante, en el proceso industrial de elaboración del pan blanco precocido y congelado, la reducción del contenido de sal, constituye un reto.

RETO: REDUCIR EL CONTENIDO DE SAL DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Reducir el contenido de sal de pan precocido congelado elaborado a nivel industrial constituye un reto.

Si la variedad de pan más consumido, la BCP, con casi un 20% de las ventas de pan, y la CHCP, con un 5% de las ventas de pan, pueden reducir el contenido de sal hasta la recomendación de un 1,8% (18 g NaCl/Kg) sobre la harina (porcentaje panadero) y si éstas mantienen las características de la barras habituales, es el propósito de esta tesis.

Se esperan dos aportaciones:

- a) la reducción de sal contribuirá a realizar una baja ingesta diaria de sal, con el correspondiente impacto sobre la salud y
- b) las aportaciones técnicas sobre estas variedades de pan ampliarán las posibilidades de la industria panadera para satisfacer las necesidades del consumidor.

Además, es preciso determinar si el 1,8% de sal es en la harina o en el pan ya que implica una diferencia en la cantidad de sal consumida.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

II - HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

HIPÓTESIS

La disminución en el contenido de sal en el pan elaborado de forma industrial, precocido y congelado tiene un límite que permite mantener el aspecto óptimo (medidas de las barras de pan) y las características sensoriales, como el gusto, para que el consumidor mantenga el consumo.

OBJETIVOS

1. Determinar los efectos de la reducción de sal sobre el aspecto (medido como el peso, longitud, perímetro y altura de las barras de pan) del pan, tipo BPC, elaborado con 3 concentraciones de sal (2,2%, concentración usual de este tipo de pan, 2,0% y 1,8% en base a harina).
2. Determinar los efectos de la reducción de sal sobre el aspecto (medido como el peso, la longitud, la anchura y la altura de las barras de pan) del pan, tipo CHPC, elaborado con 4 concentraciones de sal (2,4%, concentración usual de este tipo de pan, 2,0%, 2,2% y 1,8% en base a harina).
3. Determinar mediante el análisis sensorial del sabor, si existen diferencias entre el sabor salado en las muestras de BPC.

4. Determinar mediante el análisis sensorial del sabor, la capacidad de los catadores para ordenar las muestras de CHPC de forma ascendente desde la muestra con menor contenido de sal a la más salada.
5. Determinar mediante el análisis sensorial la preferencia gustativa de los catadores por las muestras de CHPC.
6. Definir la relación entre la concentración de sal en la harina (porcentaje panadero) y dicha concentración en la unidad de pan cocido tipo baguette.

III - METODOLOGÍA

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología experimental utilizada para conseguir los objetivos de esta tesis y que se divide en:

A) Los objetivos 1 y 3 se plasman en el estudio 1:

ESTUDIO 1- Valoración del aspecto físico y sensorial de la BPC con diferentes concentraciones de sal. Las barras de BPC se fabricaron en la línea de producción Mecatherm de la empresa Bellsolà S.A. en sus instalaciones de Aiguaviva (Girona – España). Se elaboraron 150 barras de BPC para cada una de las 3 concentraciones de sal diferentes R2.2; 2,2% sal que es la cantidad de sal de producción habitual; R2.0; 2,0% sal y R1.8, 1,8% de sal sobre harina.

B) Los objetivos 2, 4 y 5 se plasman en el estudio 2:

ESTUDIO 2- Valoración del aspecto físico y sensorial de la CHPC elaborada con diferentes concentraciones de sal. Estas barras se fabricaron en la línea semiautomática de la empresa Bellsolà S.A. en sus instalaciones de Aiguaviva (Girona – España). Se elaboraron 90 barras de CHPC para cada una de las 4 concentraciones diferentes de sal R2.4, 2,4% sal que es la cantidad de sal de producción habitual; R2.2, 2,2% sal; R2.0, 2,0% sal y R1.8, 1,8% sal sobre harina.

C) El objetivo 6, se plasma en el estudio 3:

ESTUDIO 3- Relación entre la cantidad de sal en la formulación y el contenido de sal en el pan cocido, aplicado al pan tipo baguette. Se elaboraron 15 barras de pan tipo baguette con cada una de las 3 formulaciones diferentes en función del contenido de sal PC2.2, 2,2% sal; PC2.0, 2,0% sal y PC1.8, 1,8% sal sobre harina. Después, en estas barras se determinó el contenido de sal en el producto cocido.

ESTUDIO 1- ELABORACIÓN DE LAS BAGUETTES PRECOCIDAS CONGELADAS

1.1- PREPARACIÓN DE LAS BARRAS DE BPC

1.1.1- Ingredientes

Los ingredientes utilizados para la elaboración de las muestras de BPC son:

Harina de trigo (Harinas Villamayor, Plasencia del Monte, España), agua, sal (Salinera Española, San Pedro del Pinatar, España), levadura prensada, *Sacharomyces cerevisiae* (Lesaffre Group, Valladolid, España) y mejorante panario que incluye ácido ascórbico, lecitina de soja y enzimas como α -amilasa (Puratos, Sils, España).

1.1.2- Características de la harina utilizada en la elaboración de las barras de BPC

En un primer paso se necesita conocer las características reológicas de la harina (tabla 5) que se analizaron mediante el Alveógrafo NG de Chopin (Tripette et Renaud, Francia) según el método 54-30A aprobado por la *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 1995).

Para la determinación de la humedad se siguió el método de *International Association for Cereal Science and Technology*, ICC 110/1 (ICC, 1994).

Tabla 5. Características de la harina utilizada para preparar las BPC

Parámetro analítico	Media \pm DE
Humedad; %	14,12 \pm 0,05
Proteína; %	10,5 \pm 0,9
W (energía de deformación); $\times 10^{-4}$ J	168 \pm 2,35
P (sobrepresión); mm	45,17 \pm 0,92
L (extensibilidad); mm	156,02 \pm 0,29
P/L (equilibrio de la masa)	0,29 \pm 0,06

n = 3; DE: desviación estándar

1.1.3- Proceso de elaboración de las barras de BPC

Para llevar a cabo este estudio se elaboraron 150 BPC para cada formulación en las que sólo difieren en el contenido de sal y que su formulación se muestra en tabla 6.

Tabla 6. Fórmulas utilizadas para la elaboración de las barras de BPC.

Ingredientes	R2.2 (control) n=150	R2.0 n=150	R1.8 n=150
Harina de trigo (kg)	100	100	100
Agua (L)	60	60	60
Sal (kg)	2,2	2,0	1,8
Levadura (kg)	2,0	2,0	2,0
Mejorante panario (kg)	1,5	1,5	1,5

Valores expresados en base al porcentaje panadero.

- R2.2: concentración de sal habitual para la fabricación de BPC al 2,2%, y se considera el control.
- R2.0: concentración de sal reducida al 2,0%.
- R1.8: concentración de sal reducida a 1,8%, (objetivo)

Las barras de BPC se elaboraron en la línea automática de capacidad industrial 600 x 800 Standard Tray Line de Mecatherm (Francia). El proceso de elaboración en continuo fue el siguiente:

1. **AMASADO:** los ingredientes se mezclaron en una amasadora de doble brazo durante 15 min. Los ingredientes se mezclaron en el mismo momento, excepto el agua que se añadió, la mitad al inicio del amasado y el resto se añadió en el minuto 2.

Al final del amasado la masa panaria tenía una temperatura de 21,5° C.

2. **DIVISIÓN:** la masa se dividió en piezas de 270 g.
3. **RESPOSO:** la masa reposó durante 20 min.
4. **FORMACIÓN DE LAS BARRAS:** las piezas se formaron con una longitud de 55 cm y las barras se colocaron en una bandeja acanalada de malla.
5. **FERMENTACIÓN:** las barras entraron en la cámara de fermentación donde estuvieron durante 120 min a 21° C y un 90% de humedad relativa.
6. **PRECOCIÓN:** a continuación, las barras se escarificaron y se realizó la precoción en un horno de aire a 180° C durante 11 min con la inyección de vapor de agua durante 4 s.
7. **ENFRIAMIENTO:** seguidamente, las barras se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 min.
8. **CONGELACIÓN:** las barras entraron en el túnel de congelación a una temperatura de -35° C durante 30 min más.
9. **ENCAJADO:** a continuación, las barras se encajaron, 50 unidades por caja y se almacenaron a -18° C, durante 4 días.

Este proceso se repitió para cada una de las 150 BPC de R2.2, R2.0 y R1.8.

1.2- CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRAS DE BPC

1.2.1- Análisis del aspecto de las barras de BPC

Dado que estas barras de BPC se realizaron en una línea de producción industrial se utilizaron los intervalos de las medidas óptimas de producción establecidos por el departamento de calidad para la aceptación de los consumidores que son:

- a) Peso: 250 - 260 g
- b) Longitud: 54,5 – 58,5 cm
- c) Perímetro: 16 – 18 cm
- d) Altura: 3,5 - 5 cm

Para medir el peso se utilizó una balanza analítica (New Clasic MS, Metler Toledo, España; 0,001 g exactitud), la longitud se midió con una cinta métrica rígida (LocAJ), el perímetro con una cinta métrica flexible y la altura se midió con un pie de rey.

1.2.2- Análisis sensorial

El objetivo del análisis sensorial es definir, medir, analizar e interpretar objetivamente las características percibidas por los sentidos humanos (AENOR, 2010).

El panel de cata entrenado estaba formado por 37 individuos de edades comprendidas entre los 22 y los 56 años, 28 mujeres y 9 hombres, 7 individuos eran fumadores y 30 no fumadores. El panel fue seleccionado por su sensibilidad al sabor según la normativa UNE 87-003-95; ISO 3972:1991 (AENOR, 2010).

La cata se realizó por la mañana (10:30 – 13:00) y por la tarde (15:30 – 17:00) en una sala de catas, localizada en la empresa Puratos (Sils, España), perfectamente acondicionada según UNE-EN ISO 8589 (AENOR, 2010).

La preparación de las muestras de las barras de BPC para la cata fue:

- se descongelaron durante 40 min a temperatura ambiente y
- se cocieron, segundo horneado, en un horno estático de aire (KWIK-CO / KX-9-G+H Salva, España) a 180º C durante 17 min.
- las barras de pan se cortaron con unos 3 cm de ancho, desestimando las puntas, y se presentaron a los panelistas.

Las muestras que se utilizaron para el test sensorial fueron:

- la R2.2 (con más cantidad de sal) y
- la R1.8 (la menos salada).

Se utilizó el test triangular que es una prueba discriminativa que consiste en determinar si existen pequeñas diferencias entre dos productos, en este caso entre las BPC R2.2 y R1.8. Este tipo de test es válido cuando se dispone de pocos catadores, en este estudio participaron 37 catadores, y no provoca fatiga sensorial a los catadores por lo que después se pudo seguir con el análisis sensorial de la CHPC (AENOR, 2010).

A cada uno de los 37 catadores se le entregó una bandeja con tres muestras correspondientes a 2 de las barras del estudio (R2.2 y R1.8) (A y B), etiquetadas de forma aleatoria, dos de las muestras tenían la misma concentración de sal y la otra muestra una concentración diferente. La presentación de las muestras se organiza en base a las diferentes posibilidades de presentación de las muestras y que corresponde a: AAB, ABA, BAA, BBA, BAB, ABB, de este

modo se minimiza el desequilibrio que supone tener un número de catadores que no es múltiple de seis. El análisis se basó en el modelo binomial para evaluar la muestra que era distinta entre las tres presentadas.

1.3- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados descriptivos están expresados como la media \pm 95% del intervalo de confianza (IC 95%). Se calcularon la cantidad de barras que no cumplían con los estándares de calidad respecto al peso, la longitud, el perímetro y la altura.

Se realizó un análisis multivariante de la varianza (MANOVA) según Tukey HSD (Honestly Significant Difference) para comparar las medias de las variables (peso, longitud, perímetro y altura) de los tres grupos de BPC con diferentes concentraciones de sal (R2.2, R2.0 y R1.8). Seguidamente, las variables, de forma individual, se analizaron mediante ANOVA. El grado de significancia se ajustó según Bonferroni. El valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo. El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS versión 17 para Windows 2000/XP (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

El test triangular se analizó siguiendo el modelo binomial (riesgo $\beta = 0,05$; $P_d = 50\%$; $P_b = 0,667$) donde P_d representa el porcentaje de respuestas sujetas al azar y el valor de P_b corresponde a la probabilidad de la ley binomial, el número de respuestas correctas para la significancia y el p-valor. El análisis se realizó mediante el programa Fizz Biosystèmes (Couternon, France).

ESTUDIO 2- ELABORACIÓN DE LAS CHAPATAS PRECOCIDAS CONGELADAS

2.1- PREPARACIÓN DE LAS BARRAS DE CHPC

2.1.1- Ingredientes

Los ingredientes utilizados para la elaboración de las muestras de CHPC son:

Harina de trigo (Harinas Villamayor, Plasencia del Monte, España), agua, sal (Salinera Española, San Pedro del Pinatar, España) levadura prensada *Sacharomyces cerevisiae* (Lesaffre Group, Valladolid, España) y mejorante panario que incluye ácido ascórbico (DSM, Sant Joan Despí, España).

Estos fueron los ingredientes utilizados para elaborar los cuatro tipos de CHPC en los que solamente difieren en la cantidad de sal, en base a la harina.

2.1.2- Características de la harina utilizada en la elaboración de las barras de CHPC

En un primer paso se necesita conocer las características reológicas de la harina (tabla 7) que se analizaron mediante el Alveógrafo NG de Chopin (Tripette et Renaud, Francia) según el método 54-30A aprobado por la *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 1995).

Para la determinación de la humedad se siguió el método ICC 110/1 (ICC, 1994).

Tabla 7. Características de la harina utilizada para preparar las CHPC.

Parámetros analíticos	Media \pm SD
Humedad; %	14,12 \pm 0,05
Proteína; %	10,5 \pm 0,9
W (energía de deformación); $\times 10^{-4}$ J	168 \pm 2,35
P (sobrepresión); mm	45,17 \pm 0,92
L (extensibilidad); mm	156,02 \pm 0,29
P/L (equilibrio de la masa)	0,29 \pm 0,06

2.1.3- Proceso de elaboración de las CHPC

Para llevar a cabo este estudio se elaboraron 90 barras de CHPC para cada una de las 4 formulaciones diferentes en base al contenido de sal (tabla 8).

- R2.4: control, concentración habitual de fabricación de CHPC del 2,4%
- R2.2: concentración de sal reducida al 2,2%
- R2.0: concentración de sal reducida al 2,0%
- R1.8: concentración de sal reducida a 1,8%, objetivo.

Tabla 8. Fórmulas utilizadas para la elaboración de las barras de CHPC.

Ingredientes	R2.4 (control)	R2.2	R2.0	R1.8
	n=90	n=90	n=90	n=90
Harina de trigo (kg)	100	100	100	100
Agua (L)	80	80	80	80
Sal (kg)	2,4	2,2	2,0	1,8
Levadura (kg)	2,0	2,0	2,0	2,0
Mejorante panario (kg)	1,0	1,0	1,0	1,0

Valores expresados en base al porcentaje panadero.

El proceso de elaboración en la línea industrial semiautomática fue el siguiente:

1. AMASADO: los ingredientes se mezclaron en una amasadora de doble brazo (Prat-Gouet; 1000/1500 rpm; España, 1998) durante:
 - 5 min a velocidad lenta (1000 rpm) y seguidamente
 - 15 min a velocidad rápida (1500 rpm), el tiempo total de amasado fue de 20 min.

Los ingredientes se mezclaron en 4 etapas:

- a) primero la harina de trigo, el mejorante panario y la mitad de la cantidad de agua;
- b) al cambiar la velocidad del amasado se añadió el resto de agua;
- c) en el minuto 10, se añadió la levadura y
- d) en el minuto 15 se añadió la sal.

Este es el proceso que recomiendan Cauvain et al. (2007) y Miller et al. (2008) para la elaboración de chapatas.

Al final del amasado, la masa tenía una temperatura de 22º C.

2. REPOSO: la masa se dejó reposar en bloque durante 60 min a temperatura ambiente y después se pesaron piezas de 225 g.
3. FORMACIÓN DE LAS BARRAS: las piezas se dejaron reposar durante 60 min a temperatura ambiente. Pasado este tiempo, se formaron las piezas con unas dimensiones de 30 cm x 40 cm (longitud y anchura) y se colocaron en una bandeja plana de horno.
4. FERMENTACIÓN: seguidamente, las barras entraron en la cámara de fermentación donde estuvieron durante 4 horas a 21º C y 90% de humedad relativa.

5. PRECOCCIÓN: a continuación se realizó la precocción en un horno de suela refractaria a 180° C durante 20 min con la inyección de vapor de agua durante 6 s (Hornos Tyso, España).
6. ENFRIAMIENTO: seguidamente, las barras se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 min.
7. CONGELACIÓN: las barras entraron en el túnel de congelación a la temperatura de -35° C durante 30 min.
8. ENCAJADO: a continuación, se encajaron y se almacenaron a la temperatura de -18° C durante 4 días.

Este proceso se repitió para cada una de las formulaciones y se obtuvieron 90 barras para cada una de las formulaciones de estudio.

2.2- CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRAS DE CHPC

2.2.1- Análisis del aspecto de las barras de CHPC

Para el análisis físico de las barras de CHPC se estudió el peso, la longitud, la anchura y la altura de las barras de pan congeladas.

Para medir el peso se utilizó una balanza analítica (New Clasic MS, Metler Toledo, España; 0,001 g exactitud), la longitud y la anchura se midió con una cinta métrica rígida (LocAJ) y la altura se midió con un pie de rey.

2.2.2- Análisis sensorial

El panel de cata estaba formado por 37 individuos de edades comprendidas entre los 22 y los 56 años, 28 mujeres y 9 hombres, 7 individuos eran fumadores y 30 no fumadores. El panel fue seleccionado por su sensibilidad al sabor según la normativa UNE 87-003-95; ISO 3972:1991 (AENOR, 2010).

El test se realizó por la mañana (10:30 – 13:00) y por la tarde (15:30 – 17:00) en una sala de catas, localizada en las instalaciones de la empresa Puratos en Sils, perfectamente acondicionada según UNE-EN ISO 8589 (AENOR, 2010).

La preparación de las muestras fue:

- Las barras de CHPC congeladas se descongelaron durante 40 min a temperatura ambiente.
- Las barras se cocieron, segundo horneado, en un horno estático de aire (KWIK-CO / KX-9-G+H Salva, España) a 190º C durante 25 min.
- Las barras de CHPC se cortaron con unos 3 cm de ancho, desestimando las puntas y se presentaron a los catadores.

Se realizaron 2 tipos de pruebas:

a) Test de ordenación: se utilizó con la finalidad de evaluar la capacidad de los panelistas para ordenar de forma correcta las muestras de CHPC, de menor a mayor concentración de sal, de acuerdo a la normativa UNE-ISO 8587 (AENOR, 2010).

Se solicitó a los panelistas que puntuaran con un 1 a la muestra menos salada, un 2 la siguiente, ..., y un 4 a la muestra más salada.

Como consecuencia, la muestra con menor puntuación sería la menos salada y la más puntuada la más salada.

b) Test de preferencia: se utilizó para determinar la preferencia de los panelistas por las muestras de las barras de CHPC, según la normativa UNE-ISO 6658 (AENOR, 2010). Los panelistas tenían que valorar en qué grado preferían cada muestra, de modo que puntuaban con un 1 la muestra que menos preferían, un 2 la siguiente, ..., y con un 4 la muestra que más preferían. Como consecuencia, la muestra que obtenía menor puntuación sería la menos preferida y la que obtuviera mayor puntuación sería la más preferida.

2.3- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados descriptivos están expresados como la media \pm 95% del intervalo de confianza (IC 95%).

Se realizó un análisis multivariante de la varianza (MANOVA) según Tukey HSD (Honestly Significant Difference) para comparar las medias de las variables (peso, longitud, anchura y altura) de los cuatro grupos de panes con diferentes concentraciones de sal (R2.4, R2.2, R2.0 y R1.8). Seguidamente, las variables de forma individual se analizaron mediante ANOVA. El grado de significancia se ajustó según Bonferroni. El valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

Para el análisis sensorial, se utilizaron dos tipos de test no paramétricos. Para el test de ordenación se utilizó el Test de Page y el

test de Friedman para el análisis de la preferencia según UNE 87-023:1995 (AENOR, 2010). El siguiente paso para el estudio de preferencia fue el test de Wilcoxon para determinar las diferencias entre las diferentes combinaciones de parejas de muestras.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS versión 17 para Windows 2000/XP (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

ESTUDIO 3- RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE SAL EN LA FORMULACIÓN Y EL CONTENIDO DE SAL DEL PAN COCIDO TIPO BAGUETTE

3.1- PREPARACIÓN DE LAS BARRAS DE PAN

3.1.1- Ingredientes

Se elaboraron diferentes barras de pan, tipo baguette, de concentraciones de sal conocidas del 1,8% (PC1.8), 2,0% (PC2.0) y 2,2% (PC2.2) (porcentaje panadero; sobre harina).

La elaboración del pan se realizó en un horno tradicional (Forn Solé) de la ciudad de Vic (Barcelona, España).

La formulación de las baguettes fue siguiendo el método tradicional, harina de trigo ($W=180 \times 10^{-4}J$; $P/L=0,5$), agua, levadura, mejorante panario (E-472e, E-341, E-300 y enzimas) y la sal con las siguientes concentraciones de estudio: 2,2%, 2,0% y 1,8%, según se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9. Fórmulas utilizadas para la elaboración de las barras de pan cocido, tipo baguette.

Ingrediente	PC1.8	PC2.0	PC2.2
Harina de trigo (kg)	2	2	2
Agua (L)	1,1	1,1	1,1
Sal (kg)	0,036	0,040	0,044
Levadura (kg)	0,06	0,06	0,06
Mejorante panario (kg)	0,03	0,03	0,03

3.1.2- Proceso de elaboración de las barras de pan

1. **AMASADO:** todos los ingredientes se amasaron al mismo tiempo en una amasadora de brazos durante 15 min. Seguidamente, la masa reposó durante 20 min.
2. **DIVISIÓN:** se pesaron las piezas, de 200 g, se bolearon y se dejaron en reposo durante 45 min más.
3. **FORMACIÓN DE LAS BARRAS:** las piezas se formaron como barras hasta una longitud de 55 cm.
4. **FERMENTACIÓN:** se llevaron a la cámara de fermentación durante 90 minutos a 26º C y 80% de humedad relativa.
5. **COCCIÓN:** previo al proceso de cocción se le practicó a cada barras 5 cortes superficiales para facilitar la salida del CO₂ producido durante la fermentación. Se cocieron durante 25 min en un horno de aire rotativo a 190º C, con la inyección de vapor de agua durante 10 s.
6. **ENFRIAMIENTO:** las barras cocidas se enfriaron a temperatura ambiente.

Se obtuvieron 15 barras de pan para cada tipo de formulación.

3.2- CARACTERIZACIÓN DEL PAN, TIPO BAGUETTE

Para obtener la caracterización de las barras de pan, tipo baguette se realizó la determinación de la humedad de las barras de pan (AOAC, 1995) y del contenido de sal (AOAC, 1995).

3.2.1- Preparación de las muestras

Las barras para cada formulación se trituraron hasta obtener una masa homogénea, se guardaron en botes de vidrio cerrados y correctamente etiquetados como PC1.8, PC2.0 y PC2.2 hasta su posterior análisis.

3.2.2- Humedad

Para obtener el valor de humedad de las muestras de pan se recurrió a la medida de la pérdida de peso que sufren las mismas tras someterlas a deshidratación en estufa a una temperatura de 105 °C (AOAC, 1995).

3.2.2.1- Instrumentación

Equipos: Estufa
Cápsulas de porcelana
Balanza analítica (New classic MS, Metler Toledo, España)

3.2.2.2- Procedimiento de determinación de la humedad

- Se utilizó una cápsula de porcelana previamente desecada (a 105 °C durante 2 h).
- Una vez enfriada la cápsula en el desecador se pesó (P1).
- A continuación, se pesaron con exactitud 5 g (P2) de muestra y se introdujeron en la estufa a 105 °C durante 24 h.

- Pasado este tiempo, se traspasó la cápsula que contiene la muestra deshidratada al desecador, donde se enfrió y se pesó (P3) posteriormente para realizar los cálculos.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100$$

Donde:

P1: peso en g de la cápsula de porcelana

P2: peso en g de la cápsula de porcelana con la muestra fresca

P3: peso en g de la cápsula de porcelana con la muestra deshidratada

P2 – P1: peso en g de la muestra inicial

3.2.3- Contenido de sal del pan tipo baguette

La determinación del contenido de sal en las barras de pan se valoró mediante la técnica de volumetría según el método de Mohr a partir de la cuantificación del contenido de cloruros.

La volumetría de Mohr (AOAC 960.29) es un método de valoración directa para cuantificar los iones de cloruro a partir de los cuales se puede calcular los iones de sodio. La disolución de la muestra que contiene cloruros se valora frente a una disolución de nitrato de plata previamente valorada. Después de que la plata, del nitrato de plata, se ha acomplejado con todos los cloruros disponibles en la muestra, la plata reacciona con el cromato que ha sido añadido a la muestra, para formar un sólido de color naranja, el cromato de plata.

El volumen de disolución de plata que se ha consumido para reaccionar con el cloruro se utiliza para calcular el contenido de sodio de la muestra.

3.2.3.1- Instrumentación

Equipos: Vasos de precipitados de 250 mL

Agitador magnético

Matraz Erlenmeyer de 250 mL

Bureta y soporte

Embudo y lana de vidrio

Balanza analítica

Reactivos: Cromato de potasio, disolución al 10%

Nitrato de plata (AgNO_3) 0,1N (Panreac, España)

Agua destilada

3.2.3.2- Procedimiento para la determinación de sal en el pan

- Se pesaron con exactitud 5 muestras de las barras de pan, para cada una de las 3 concentraciones de sal (PC1.8, PC2.0 y PC2.2) de 5 g cada una de ellas en vasos de precipitados de 250 mL a los que se añadieron 95 mL de agua destilada hirviendo a cada vaso.
- A continuación, se agitó enérgicamente cada mezcla y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- Cada disolución, 15 en total (5 muestras cada una de las 3 concentraciones), se filtró con lana de vidrio y se transfirieron 50 mL de cada disolución a un matraz Erlenmeyer. Seguidamente, se añadió 1 mL de cromato de potasio a cada uno de los 50 mL de filtrado.

- Cada una de estas disoluciones se valoró con nitrato de plata (AgNO_3) hasta obtener una coloración marrón-rojiza.
- Se anotaron los volúmenes consumidos de nitrato de plata para realizar los posteriores cálculos.

La concentración de sal vendrá determinada a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ sal} = \frac{V \times 0,585}{P} \times 100$$

Donde:

V = mL de AgNO_3 0,1N consumidos en la valoración

0,585 = (58,5 g NaCl/mol/100)

P = peso (g) de la muestra

3.3- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados descriptivos están expresados como la media \pm desviación estándar (DE). Además, en el caso de la humedad, se realizó un estudio ANOVA para valorar si las muestras presentaban diferencias estadísticamente significativas entre ellas en $p < 0,05$.

A continuación se realizó la regresión lineal simple entre las concentraciones de sal conocida y el contenido de sal en el pan cocido a partir de la cual se determinó la ecuación predictiva que permitió calcular la estimación de la concentración de sal sobre harina de las muestras de estudio por interpolación.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS versión 17 para Windows 2000/XP (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

IV - RESULTADOS

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

RESULTADOS

ESTUDIO 1- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE BAGUETTE PRECOCIDA CONGELADA

1.1- RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DE BPC

El efecto de la reducción de sal sobre el peso, la longitud, el perímetro y la altura de las barras de BPC se muestran en la tabla 10. Respetto al peso y la longitud las barras de R2.0 y R1.8 se encontraban dentro de las características de calidad óptimas (tabla 10). No obstante, respecto a la altura, una (0,7%) de 150 y siete (4,7%) de 150 BPC de R2.0 y R1.8, respectivamente, no cumplían con los rangos de producción óptimos establecidos para R2.2.

Comparado también con R2.2, el perímetro de 15 BPC (10%) y de 40 BPC (26,7%) de R2.0 y R1.8, respectivamente no cumplían los intervalos establecidos para R2.2 y por tanto todas estas barras debían ser retiradas de la línea de producción por no cumplir con los estándares de calidad establecidos.

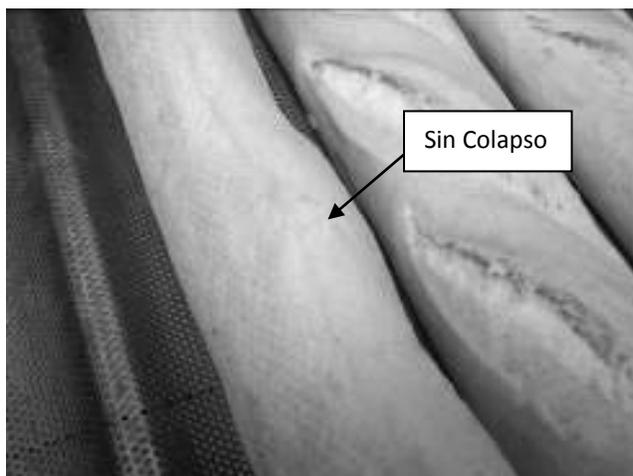
Según el análisis multivariante, existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de barras en una combinación lineal de la altura, el peso, el perímetro y la longitud de las BPC (Wilks' $\Lambda = 0,701$, $F = 21,575$, $p < 0.001$, multivariante $\eta^2 = 0,163$), como se observa en la tabla 10.

Se puede observar en el caso del perímetro como existen diferencias estadísticamente significativas entre R2.2 y R2.0 ($p < 0,001$) y entre R2.2 y R1.8 ($p < 0,001$) pero no entre R2.0 y R1.8 ($p = 0,637$). En el caso de la altura de las barras de BPC la comparativa por parejas es significativa entre todas las 3 concentraciones de sal ($p < 0,001$). No obstante, no existen diferencias estadísticamente significativas entre el peso de las barras ($p = 0,988$) y la longitud de las barras de BPC ($p = 0,831$) con las 3 concentraciones de sal.

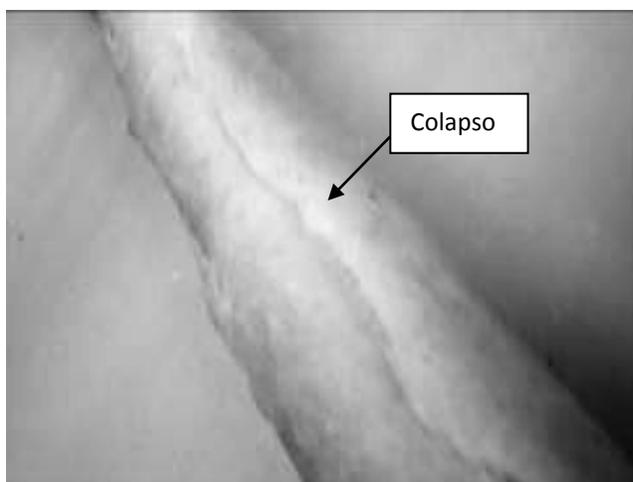
También se puede apreciar como las muestras R1.8 sufren un colapso en el lateral de la barra que no se aprecia en las muestras R2.2 (figura 23).

1.2- RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE BPC

Los catadores no fueron capaces de detectar diferencias estadísticamente significativas entre la muestra R2.2, que contiene la concentración de sal habitual, y la muestra R1.8 con menor contenido en sal ($p = 0,078$).



Barras R2.2



Barras R1.8

Figura 23. Efecto visual de la reducción de sal en la BPC. En estas fotografías se muestra el efecto de la reducción de sal en el aspecto final de las baguettes. La formula R1.8 sufre un colapso en el lateral de la barra que no se aprecia en las muestras R2.2.

Tabla 10. Características de las barras de BPC elaboradas con las 3 fórmulas de estudio.

	Rango óptimo ¹	R2.2 (control) (n=150)		R2.0 (n=150)		R1.8 (n=150)		F	p-valor	η^2
		Media	IC 95%	Media	IC 95%	Media	IC 95%			
Peso; g	250 – 260	256,0	255,6 – 256,4	256,0	255,6 – 256,4	255,9	255,5 – 256,4	0,01	0,99	0,001
Longitud; cm	54,5 – 58,5	56,9	56,7 – 57,1	56,9	56,7 – 57,1	56,8	56,8 – 56,9	0,61	0,83	0,001
Perímetro; cm	16 – 18	17,1	17,0 – 17,2	17,7 ^a	17,6 – 17,8	17,7 ^a	17,6 – 17,8	50,34	<0,001	0,184
Altura; cm	3,5 – 5	4,3	4,2 – 4,3	4,2 ^a	4,1 – 4,2	4,0 ^{a,b}	3,9 – 4,0	33,20	<0,001	0,129

R2.2 es la BPC de referencia, considerada control, con un contenido en sal del 2,2% (22 g NaCl/Kg de harina); R2.0 contiene 2,0% sal; R1.8 contiene 1,8% sal. Los resultados están expresados como la media y el intervalo de confianza del 95% (IC 95%) de 150 baguettes para cada una de los 3 grupos con concentraciones de sal diferentes.

¹Estos rangos están definidos como los valores óptimos de calidad en cuanto a la apariencia y corresponden a la producción habitual de BPC, R2.2.

^a: diferencias estadísticamente significativas respecto R2.2; ^b: diferencias estadísticamente significativas respecto R2.0; P < 0,05.

ESTUDIO 2- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE CHAPATA PRECOCIDA CONGELADA

2.1- RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DE CHPC

El análisis multivariante de la variancia demuestra diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos de CHPC para una combinación lineal del peso, la longitud, la anchura y la altura de las CHPC (Wilks' $\Lambda = 0,068$; $F = 137,471$; $p < 0,001$; multivariante $\eta^2 = 0,592$).

Respeto al estudio de cada una de las variables por separado, mediante ANOVA, los resultados se presentan en la tabla 11. En ella se puede observar como el peso no está afectado por la reducción de sal, mientras que el resto de variables, la longitud, la anchura y la altura de las barras de CHPC del estudio si que están afectadas ($p < 0,001$).

En estos resultados se puede observar como la longitud aumenta un 7% entre las barras de CHPC R2.4 y R1.8, ($p < 0,001$), y aumenta un 3% entre las barras de R2.4 y R2.0 ($p < 0,001$) mientras que no existen diferencias estadísticamente significativas entre R2.4 y R2.2 ($p = 0,077$).

Por otro lado, la anchura de las barras R1.8 aumentó un 11% comparado con R2.4, como consecuencia de la reducción de sal. Mientras que en el resto de las muestras de CHPC (R2.2, R2.0 y R1.8) presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p < 0,001$).

Tabla 11. Características de las barras de CHPC elaboradas con las 4 fórmulas de estudio.

	R2.4 (n=90)		R2.2 (n=90)		R2.0 (n=90)		R1.8 (n=90)		F	p-valor	η^2
	Media	IC 95%	Media	IC 95%	Media	IC 95%	Media	IC 95%			
Peso (g)	204,62	204,03 – 205,22	204,83	204,28 – 205,38	205,08	204,56 – 205,60	204,80	204,29 – 205,31	0,47	0,70	0,04
Longitud (cm)	31,46	31,27 – 31,66	31,72 ^{cd}	31,53 – 31,90	32,32 ^{abcd}	32,15 – 32,49	33,73 ^{abc}	33,58 – 33,88	133,27	< 0,001	0,529
Anchura (cm)	13,99	13,95 – 14,04	14,13 ^{acd}	14,07 – 14,19	14,37 ^{abd}	14,32 – 14,42	15,62 ^{abc}	15,58 – 15,66	908,69	< 0,001	0,884
Altura (cm)	3,58	3,54 – 3,62	3,37 ^{acd}	3,31 – 3,43	3,12 ^{abd}	3,07 – 3,17	2,89 ^{abc}	2,86 – 2,92	173,99	< 0,001	0,595

Los resultados están expresados como la media y el IC del 95% de las muestras de CHPC.

a: diferencias estadísticamente significativas respecto R2.4; b: diferencias estadísticamente significativas respecto R2.2; c: diferencias estadísticamente significativas respecto R2.0; d: diferencias estadísticamente significativas respecto R1.8; p < 0,05

Finalmente, en el caso de la altura de las muestras de CHPC R1.8 disminuyó un 19% respecto a R2.4 ($p < 0,001$). También se observan diferencias estadísticamente significativas entre todas las concentraciones de sal (R2.2, R2.0 y R1.8) ($p < 0,001$).

2.2- RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE CHPC

a) Test de ordenación

Los resultados del test de ordenación (tabla 12) demostraron que los catadores no fueron capaces de ordenar de forma correcta las muestras, por lo tanto se puede apreciar que no distinguen entre las distintas concentraciones de sal ($p < 0,05$). Esto fue debido principalmente, a que las muestras R2.2 y R2.0 no se ordenaron correctamente, mientras que sí fue más fácil ordenar las muestras con menos concentración de sal (R1.8) (menor puntuación) y más concentración de sal (R2.4) (mayor puntuación).

Tabla 12. Resultados del test de ordenación.

Muestra	Puntuación conseguida*	Orden de las muestras según los catadores
R1.8	74	R1.8
R2.0	98	R2.2
R2.2	75	R2.0
R2.4	122	R2.4

↓ - salada
↓ + salada

*Este valor corresponde a la suma de las puntuaciones, no la media.

Número de catadores = 37.

Los resultados de este test determina la similitud a nivel sensorial entre las barras s de R2.2 y de R2.0.

En la figura 24 se aprecia el número de catadores que puntuaron cada muestra de sal siendo el parámetro “menos salado” puntuado con un 1, el parámetro “un poco de sal” puntuado con un 2, el parámetro “un poco más de sal” puntuado con un 3 y el parámetro “más salado” puntuado con un 4.

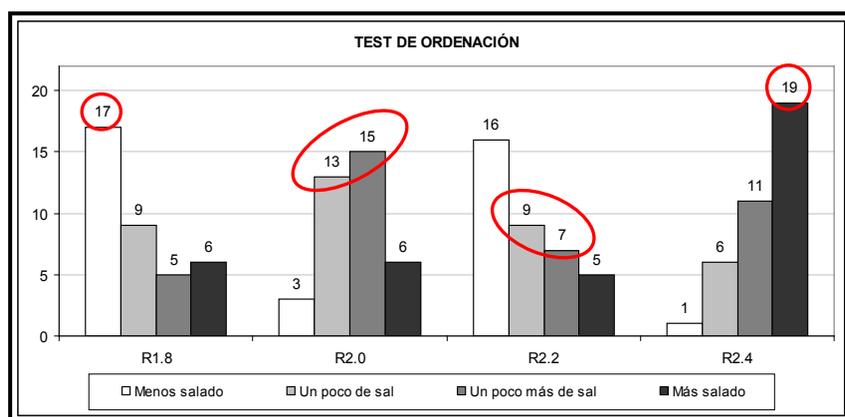


Figura 24. Resultados test de ordenación. En cada columna se observa el número de catadores que han ordenado cada una de las 4 concentraciones de sal. Se puede ver como la muestra R2.4 es considerada por 19 panelistas como la más salada y 17 panelistas han identificado la muestra R1.8 como la menos salada, mientras que para las muestras R2.0 y R2.2 no son capaces de ordenarlas correctamente en su posición según el orden preestablecido de menor a mayor cantidad de sal.

b) Test de preferencia

La muestra menos preferida se puntuaba con un 1, la siguiente con un 2 hasta la muestra más preferida que se puntuaba con un 4. Por lo que la muestra que más preferían los catadores se determinó sumando las puntuaciones obtenidas para cada una de las muestras. En la tabla 13 se observa que la muestra con más puntuación es la muestra más preferida.

Tabla 13. Resultados del test de preferencia

Muestra	Puntuación conseguida*
R2.4	107
R2.2	92
R2.0	100
R1.8	71

*Este valor corresponde a la suma de los rangos, no la media.

Número de catadores = 37.

Mediante el test de Friedman se demostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos por los catadores ($p < 0,05$), es decir que los catadores no coinciden en la preferencia hacia una muestra en concreto.

Aunque lo que si se puede observar, mediante el test de Wilcoxon, es que la muestra menos preferida es la R1.8 ($p < 0,05$). Mientras que, haciendo la comparación por parejas, no existen diferencias entre R2.4 vs R2.2 ($z = -1,552$; $p = 0,121$) y R2.2 vs R2.0 ($z = -0,656$; $p = 0,512$) aunque si entre R2.0 y R1.8 ($z = -2,810$; $p < 0,05$).

En la figura 25, se aprecia el número de catadores que puntuaron cada muestra de sal siendo el parámetro “menos preferida” puntuado con un 1, el parámetro “un poco preferida” puntuado con un 2, el parámetro “un poco más preferida” puntuado con un 3 y el parámetro “más preferida” puntuado con un 4.

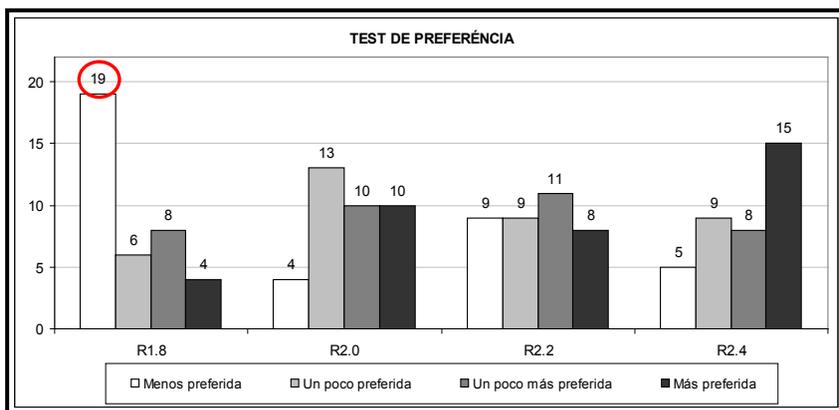


Figura 25. Resultados test de preferencia. 19 panelistas de los 37 no prefieren la muestra R1.8, mientras que la preferencia en el caso de las otras concentraciones de sal está distribuida de forma mas variada.

El conjunto de los resultados de los tests sensoriales indica que se puede reducir el nivel de sal de la CHPC desde 2,4%, actual, hasta 2,0% en la CHPC.

ESTUDIO 3- RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE SAL EN LA FORMULACIÓN Y EL CONTENIDO DE SAL EN EL PAN COCIDO TIPO BAGUETTE

3.1- DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Los valores medios de humedad de las diferentes muestras de estudio se pueden observar en la tabla 14.

Tabla 14. Humedad del pan cocido, tipo baguette.

Muestra de estudio	Humedad; % Media \pm DE
PC1.8	27,849 \pm 0,988
PC2.0	27,088 \pm 0,109
PC2.2	26,490 \pm 0,212

n=5 para cada muestra de estudio

El estudio ANOVA de los diferentes valores de humedad demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ($p > 0,05$).

Estos resultados indican que las muestras son comparables en los valores de humedad ya que no presentan diferencias entre ellas.

3.2- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAL

Los resultados medios del contenido de sal en el pan tipo baguette con una concentración de sal conocida aportada a la harina de amasado se muestran en la siguiente tabla (tabla 15) a partir de los cuáles se elabora el modelo de regresión lineal simple.

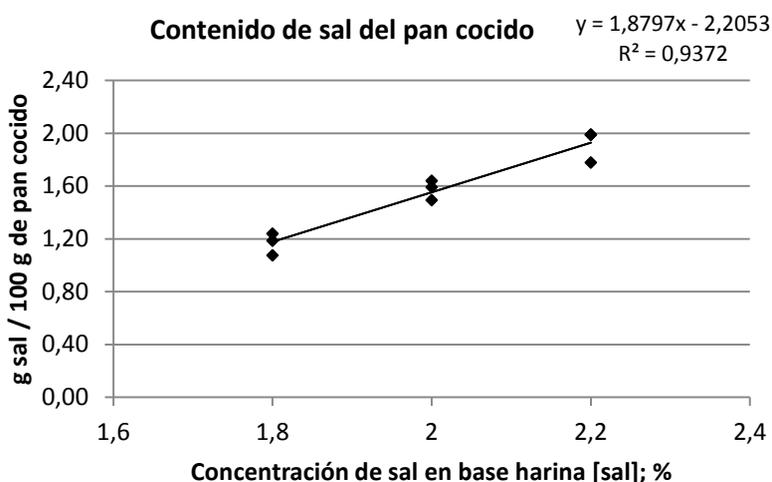
Tabla 15. Contenido medio de sal del pan cocido, tipo baguette.

Muestra de estudio	[sal] sobre harina; %	g sal / 100 g pan cocido
PC1.8	1,8	1,19 ± 0,08
PC2.0	2,0	1,58 ± 0,06
PC2.2	2,2	1,92 ± 0,12

n=5 para cada muestra de estudio

Para explicar la concentración de sal en base a la concentración de sal sobre harina se elabora un modelo de regresión lineal que define una ecuación predictiva. De este modo se establece la relación entre la sal en el pan cocido y la sal que se ha añadido en la formulación inicial y que expresaremos como sal en base a harina.

El modelo se explica mediante la ecuación predictiva que se observa en la figura 26.

**Figura 26.** Determinación del contenido de sal en el pan cocido.

Dado que los valores entre la variable dependiente (concentración de sal en el pan cocido) y la variable explicativa (concentración de sal en base harina) son significativos ($p < 0,05$), podemos establecer que el modelo se adapta a la realidad.

La correlación observada entre la sal del pan cocido y la sal en base a harina es muy elevada (Pearson = 0,968).

El coeficiente de variabilidad (R^2) nos permite determinar que este modelo explica el 93,7% de variabilidad de la muestra.

A partir de los resultados obtenidos del contenido de sal en el pan cocido tipo baguette y mediante la ecuación predictiva se puede estimar la concentración de sal sobre harina (% panadero).

A razón de:

$$y = b_1 \cdot x + b_0$$

Donde:

y: concentración de sal en el pan

b_1 : pendiente de la recta de regresión, indica la variación de y por cada unidad de aumento de x

x: concentración de sal en base harina de las muestras (% panadero)

b_0 : constante, corresponde al valor medio de y cuando x vale 0

Como se ha comentado, se precisará saber si el contenido de sal es en base a la harina o en el pan final. Expresado en porcentaje panadero, la concentración habitual de 2,2% en la harina de amasado, produce una baguette con un contenido de 1,9%, el 2,0% se convierte en una baguette con un 1,56% y el 1,8% en una baguette con 1,19% de sal.

Así, si sólo se define una baguette de 1,8% de sal, en base a este estudio, se plantean 2 opciones:

- a) si se refiere a una concentración de 1,8% en el producto final, en realidad un individuo estará ingiriendo 1,8 g sal/100 g de baguette cocida.
- b) si es una concentración de 1,8% en base a la harina de amasado, se estará ingiriendo 1,19 g sal/100 g baguette cocida.

Por 100 g de pan, la diferencia es de unos 0,61 g de sal.

V - DISCUSIÓN

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

DISCUSIÓN

La reducción de sal es posible en la BPC hasta una concentración de trabajo a nivel industrial de 2,0% (base harina) sin que esto afecte a su aspecto físico ni a su sabor. Mientras que en el caso de la CHPC esta reducción de sal se podría realizar en las mismas condiciones hasta 2,0% (base harina). En el caso de la BPC obtendríamos una reducción en el contenido de sal del 9%, mientras que en la CHPC obtendríamos una reducción de sal del 17% por kg de harina. Según los ingredientes y el proceso de elaboración utilizado en nuestro estudio no se podría llegar al objetivo propuesto de 1,8% de sal (sobre harina).

La disminución del contenido de sal en el pan está sujeta al comportamiento de la masa panaria durante el proceso de panificación ya que la sal, por un lado, tiene un papel importante en el proceso de fabricación, y por otro lado, le proporciona su sabor característico (Lynch et al., 2009).

La concentración de sal utilizada en la elaboración del pan precocido congelado variará en función del tipo de producto que se quiera elaborar, de la maquinaria que se utilice, de las características de la materia primera (características reológicas de la harina, cantidad de agua en la formulación, ...) así como de las preferencias de los consumidores a los que va dirigido.

Esto supone que, reducir la cantidad de sal, no sea igual en todos los tipos de pan precocido y congelado. En esta tesis se ha trabajado en un proceso industrial, que implicaría sólo reducir la cantidad de sal manteniendo las características del resto de ingredientes.

ESTUDIO 1- EFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN LAS BAGUETTES PRECOCIDAS CONGELADAS

En la BPC producida a nivel industrial, la reducción de sal afecta a la apariencia de las barras de pan. De modo que, el perímetro aumenta de medida y la altura disminuye al reducir la cantidad de sal del 2,2% al 2,0% y al 1,8%. No obstante, las diferencias respecto al sabor de las muestras no se distinguen a pesar de esta reducción.

La reducción de sal hasta 1,8% era el objetivo de este estudio pero se ha demostrado que se deben eliminar demasiadas barras del circuito comercial ya que no se ajustan a las medidas establecidas por el departamento de calidad, dado que la apariencia visual de un producto es muy importante para el consumidor y por tanto es necesario controlar sus medidas (Fenko et al., 2009). En cambio, con los datos obtenidos en este estudio, la reducción hasta 2,0% de sal supone una menor pérdida de barras de pan, mientras que favorece una reducción del 9% en la ingesta de sal.

Respecto a las cualidades organolépticas, la cantidad de sal del pan favorece su sabor y aroma global. No obstante, la sal también facilita la formación de la red de gluten de la masa dándole consistencia a la estructura de la miga y aumentando el volumen final del pan (Miller et al., 2008; Ukai et al., 2008; Codina, 2008; Pylar, 1982; Cauvain et al., 2007). Cauvain et al. (2007) consideran que las medidas críticas para las barras de pan son la longitud y la altura, siendo la anchura o perímetro de las barras menos relevante.

En nuestro estudio se demuestra que las características más críticas, por un lado la longitud de las BPC, no se ve afectada por la reducción de sal a 1,8% mientras que la altura disminuye y como consecuencia el perímetro aumenta en las BPC con una concentración de 1,8% de sal (sobre harina). Respecto al perímetro de las BPC de este estudio, éste tiende a aumentar. Al aumentar el perímetro y facilitado por las características de las bandejas de malla utilizadas en la línea continua de producción, se aprecia una marca del colapso lateral que se produce. Este efecto acaba provocando la aparición de unas barras de pan con aspecto aplanado provocado por la incapacidad de la red de gluten por retener el CO₂ generado durante el proceso de fermentación. Como consecuencia, cuando las barras de pan se hornean, la estructura no se puede sostener y las barras colapsan (Ukai et al., 2008).

El efecto de la reducción de sal sobre el aspecto de las BPC es estable durante unos 6 meses, pasado este tiempo se producen cristales de hielo que tienden a romper la estructura de gluten (Rosell et al., 2009). Como consecuencia, cuando las barras de pan se descongelan, después de 6 meses, para realizar el segundo horneado, el colapso de su estructura puede ser mayor (Rosell et al., 2009), este fenómeno podría producirse de forma más grave en las muestras elaboradas con un 1,8% de sal, ya que existe un colapso lateral en el producto original antes de ser congelado.

Los estudios realizados por Codina en 2008 corroboran que el contenido de sal afecta al volumen y sabor del pan. Aunque en nuestro estudio no analizamos el volumen del pan *per se*, sino que

los diferentes parámetros de estudio nos aproximan al volumen de las baguettes.

Miller et al. (2008) determinan que las concentraciones de sal entre 1,5% y 2,0%, (sin especificar en este estudio a que corresponde este porcentaje de sal, si al producto final o es en base a harina) son adecuadas para la elaboración del pan mientras que concentraciones inferiores a 1,5% hace disminuir el volumen de las barras de pan. No obstante, en nuestro proceso industrial, observamos que 2,0% y 1,8% (base harina) producen un aumento del perímetro, una disminución de la altura, y como consecuencia un cambio en el volumen de nuestras barras de estudio. Guy (Guy, 1985) concluyó que la concentración de sal en el pan afecta en el momento del amasado y de la fermentación de las barras, pero no afecta al volumen final del pan. Mientras que Ukai (Ukai et al., 2008) indica que el contenido de sal afecta a la formación de los complejos proteicos de la harina de trigo provocando cambios en las propiedades reológicas de la masa e impiden el óptimo desarrollo de la masa panaria que afectaría al aspecto del pan.

El contenido en agua de la masa también es importante ya que la adición de poca agua produce masas muy duras, facilitando la formación de gluten y enmascarando los efectos producidos por la reducción de sal (Farahnaky et al., 2007). Además, la sal influye en el desarrollo de la red de gluten al margen de la restricción de agua (Belz et al., 2012). Son muchos los científicos que consideran que el contenido en agua, la temperatura de amasado y el tipo de harina se debe ajustar al reducir la concentración de sal (Angiolini et al., 2005; Farahnaky et al., 2007; Linko et al., 1984). Una de las aportaciones

del presente trabajo se centra en variar sólo el contenido de sal sobre harina manteniendo el resto de variables y consiste en una propuesta de aplicación inmediata.

En relación al sabor, según los catadores entrenados que colaboraron en este estudio, se podría disminuir la concentración de sal un 18% sin que se percibieran cambios. Esta cantidad es inferior a la que consigue Girgis et al. (2003) ya que en su estudio consiguió una reducción de sal del 25%. No obstante, en el estudio de Girgis et al. (2003) el pan utilizado en el estudio era tipo sandwich. Este tipo de pan lleva en su formulación grasa, azúcares y leche en polvo que impiden una correcta comparación con las BPC. En el estudio de Sosa et al. (2008) sí que se trabajó con pan tipo baguette pero los consumidores que participaren en este estudio prefirieron al pan con una concentración de 2,4% de sal (sobre harina), una cantidad de sal superior a 2,2% (sobre harina) que era el control de nuestro estudio.

Según los últimos datos (2011) sobre el consumo de pan de la población española, cada ciudadano ingiere unos 100 g pan/día. Esto implica que si la ingesta habitual de sal es de 1,9 g/100g pan cocido (a partir de 2,2% sal sobre harina; porcentaje panadero), la reducción al 2,0% contribuye a una reducción de 0,34 g, un 18% por 100 g de pan cocido en la ingesta de sal.

ESTUDIO 2- EFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN LAS CHAPATAS PRECOCIDAS CONGELADAS

En el proceso industrial de elaboración de la CHPC, la reducción de sal desde 2,4% hasta 2,0% sobre harina, mantiene el sabor característico de la chapata. A nivel de la apariencia, el peso no está afectado por la reducción de sal. La longitud de las muestras R2.4 y R2.2 son similares mientras que la longitud aumenta en las muestras R2.0 y R1.8. Comparado con R2.4, la anchura de las CHPC aumenta y la altura disminuye en R2.2, R2.0 y R1.8 provocando un aspecto aplanado en estas barras. Las medidas de la CHPC varían, es decir, se aplanan el producto a medida que se reduce la sal mientras que la longitud y la anchura aumentan.

La estructura del pan se colapsa y las barras pasan a ser largas y anchas y como consecuencia se aplanan y, como se ha comentado previamente, las dimensiones críticas de la mayoría de los panes son su longitud y su altura, siendo la anchura de las barras menos importante para el consumidor (Cauvain et al., 2007).

La modificación de las medidas y del volumen respecto la concentración habitual, 2,4%, y el aspecto aplanado de la CHPC de 1,8% de sal sobre harina, puede estar causado por un debilitamiento de la red de gluten, incapaz de retener el CO₂ producido durante la fermentación que al cocerse el producto, la estructura no resiste y colapsa (Ukai et al., 2008). La reducción en la concentración de sal produce una red de gluten frágil incapaz de sostenerse con un tiempo de fermentación tan largo, de 6 h en este estudio.

Además, en la CHPC, al tener un tiempo de fermentación tan largo, de 6 h, la sal inhibe la tasa de fermentación y provoca una disminución en la producción de CO₂ así como una disminución en la retención del gas formado (Miller et al., 2008). Por lo tanto, la reducción de sal produce una menor cantidad de gas que provoca la disminución en la altura de las barras de pan. Trabajar con la dosis adecuada de sal es importante tanto para el desarrollo de la red de gluten como desde el punto de vista de la humedad de la masa y de la capacidad de retención de gas (Ukai et al., 2008).

Como la CHPC está elaborada sin molde, las modificaciones en la apariencia son más pronunciadas que en otros tipos de pan precocido congelado.

Farahnaky et al. (2008) consideraron que para solucionar los problemas de reducir la sal en el pan se debía disminuir agua de la masa panaria. El efecto de la sal en la hidratación de la masa está relacionado con la competición en la absorción de agua con la harina. Este cambio no es posible en la CHPC ya que la elevada cantidad de agua es una característica en la formulación de la chapata.

Comparando con el estudio de Girgis et al. (2003), en el que consigue reducir un 25% el contenido de sal en sus muestras de pan de molde en el que pasan de una concentración del 2% sobre harina al 1,5% de sal sobre harina, nuestro estudio con la chapata, la reducción afecta la preferencia de los catadores ya que la muestra con 1,8% (sobre harina) de sal sobre harina es la menos preferida. En el caso del estudio de Sosa et al. (2008), realizado con consumidores, el pan que más preferían fue el que contenía una concentración de

sal del 2,4% (sobre harina). En nuestro estudio solamente se pudo determinar la muestra menos preferida ya que no había diferencias acerca de la preferencia de las muestras con concentración de sal de 2,4%, 2,2% y 2,0%. Si bien, un estudio estaba realizado con catadores entrenados y el otro con consumidores, el estudio de Hersleth et al. (2005), determinó que para valorar el pan no existían diferencias entre catadores entrenados y consumidores.

La reducción de sal propuesta hasta 2,0% en base harina, no supondría para la industria tener que destinar tiempo y dinero para evitar una modificación en el sabor y evitar de este modo, que se reduzcan las ventas del producto (Dötsch et al., 2009). La sal, NaCl, es relativamente económica mientras que cualquier otro sustituto tiende a aumentar el coste del producto. En paralelo, es importante seguir investigando en sustitutos de la sal que no contengan sabores amargos y que el sabor del pan sea el deseado para el consumidor.

En nuestro estudio es posible reducir la cantidad de sal un 17% desde 2,4% a 2,0% (sobre harina) sin que esto afecte a la preferencia del gusto ni el sabor típico de los consumidores por la CHPC, y constituye una vía para contener el consumo máximo de sal a 5g/día.

ESTUDIO 3- RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE SAL EN LA FORMULACIÓN Y EL CONTENIDO DE SAL EN EL PAN COCIDO TIPO BAGUETTE

Unificar el modo de expresar la concentración de sal en el pan es una necesidad surgida con la finalidad de evitar confusiones (Quilez et al., 2012). Como ya se ha comentado una de las maneras de expresar la concentración de sal es en base a la concentración de sal en la harina y es la forma con la que la Estrategia NAOS ha definido su objetivo (AESAN, 2004).

Si quisieramos conocer el contenido de sal en base a harina de los panes analizados por la Estrategia NAOS podríamos utilizar el modelo propuesto en esta tesis, asumiendo que los ingredientes, el proceso y los demás factores que intervienen en la elaboración del pan son los mismos que los utilizados para determinar este modelo de regresión. En este caso, la concentración de sal en base a harina sería la que se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Contenido de sal en base a harina según los resultados publicados en el marco de la Estrategia NAOS

Tipo de pan	Sal en el pan cocido (g NaCl / 100 g pan cocido)	Sal en base a harina (g NaCl / 100 g harina)
Asturias ¹	1,32	1,87
Estudio NAOS ²	1,63	2,04

¹ Estudio sobre contenido de sal en el pan en Asturias (Gobierno del Principado de Asturias, 2010).

² Estudio sobre el contenido de sal en el pan en España (AESAN, 2009b)

Podríamos conocer exactamente lo mismo a partir del contenido de Na que se expresa en las tablas de composición de los alimentos (TCA) (tabla 17).

Tabla 17. Contenido de sal en base harina según los datos publicados en diferentes TCA.

TCA	Producto	Humedad (%)	Sal (g NaCl / 100 g pan cocido)	Sal (g NaCl / 100 g harina)
USDA, 2012	Bread, french	27,81	1,53	1,99
	Bread, italian	35,70	1,53	1,99
	Bread, wheat	34,53	1,30	1,86
CESNID, 2003	Pan de barra	34,6	1,63	2,03
	Pan tipo baguette	29	1,63	2,03
	Pan tipo payés	29,70	1,97	2,22
BEDCA, 2011	Pan blanco de barra	34,6	1,63	2,03
	Pan blanco, baguette	29	1,63	2,03
ANSES, 2012	Bread, French baguette	27,4	1,70	2,08
	Bread, French, country style, from bakery	30,7	1,67	2,06

USDA: National Database for Standard Reference (EUA)

CESNID: Centre d'Ensenyament Superior de Nutrició i Dietètica (España)

BEDCA: Base de Datos Española de Composición de Alimentos (España)

ANSES: Cical French Food Composition. French Agency for Food. (Francia)

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados indicarían la concentración de sal en base harina en el supuesto que todos los panes se hayan elaborado con los mismos ingredientes y el mismo proceso de elaboración que el utilizado para el modelo de esta tesis. Al no poder conocer las características de estos panes, el resultado es una estimación.

Cabe también comentar que es difícil determinar cuál es la mejor manera de expresar el contenido de sal en el pan, Quílez et al. (2012) proponen expresarlo en base al contenido de sal del producto final y si bien puede ser una manera útil sobretodo para conocer la sal que ingiere la población, es complicado para que el panadero sepa la cantidad de sal que debe añadir a su formulación para obtener un pan con una determinada concentración de sal en el producto final. Y tal y como ya se ha comentado este modelo de regresión solo explicaría la concentración de sal según este tipo de pan y no serviría para el resto.

Por lo que, nuestro trabajo ha aportado resultados en el pan tipo baguette, y se continuará estudiando la relación entre las concentraciones de sal de diversas variedades de pan listo para consumir con la sal sobre harina que contiene su formulación, con el objetivo de conseguir la recomendación de contener el consumo de sal propuesto por la Estrategia NAOS.

DISCUSIÓN GLOBAL

Los efectos que tiene la sal en dos tipos de pan precocido congelado, el pan tipo baguette y el pan tipo chapata, desde el punto de vista de las dimensiones de las barras de pan y características sensoriales sugieren que se puede disminuir la sal hasta un 2% sobre harina.

El estudio de esta tesis se centra en la propuesta de la Estrategia NAOS de reducir el contenido de sal en el pan desde la cantidad habitual de 2,2% en la baguette o de 2,4% en la chapata a 1,8%, aplicado en la elaboración industrial de la BPC y de la CHPC. En nuestro caso y en ambos productos la cantidad de sal se puede reducir hasta el 2% aunque no hasta el objetivo propuesto, de 1,8% de sal sobre harina.

Cabe destacar que aunque existe suficiente literatura científica acerca de los efectos que tiene la sal en el pan y su proceso de elaboración, no existe evidencia sobre el impacto que la reducción de sal tiene en el pan listo para consumir elaborado a nivel industrial. La falta de información sobre la reducción de sal en el proceso industrial de panificación es criticado en el artículo de Keast (2010), además y según Moss (2010), a la industria alimentaria, reducir el contenido de sal, le supone un aumento de precio debido a la necesidad de utilizar sustitutos de la sal en sus productos. En este contexto, los datos aportados en el presente trabajo permitirán un avance en la reducción de sal hasta el 2% sobre harina.

En el caso de la BPC, la reducción de sal hasta 2% implica una disminución de un 9%, 0,2 g por cada kg de harina.

En el caso de la CHPC, la reducción de sal hasta un 2%, implica un 17%, ya que en este caso partíamos de un contenido de sal del 2,4% sobre harina.

La disminución del contenido de sal en el pan está sujeta al comportamiento de la masa panaria durante el proceso de panificación ya que la sal, por un lado, tiene un importante rol en el proceso de fabricación, y por otro lado, le proporciona su sabor característico (Lynch et al., 2009).

No obstante, los resultados que hemos encontrado contradicen el estudio realizado por Lynch et al. (2009) en el que en su caso, la reducción de sal no afectó al volumen del pan, que no era el tipo baguette ni la variedad chapata. Mientras que nuestros resultados sí coinciden con los estudios de Czuchajowska et al. (1989) en los que observó una cierta disminución en el volumen del pan con la ausencia de sal, aunque en este caso la formulación del pan distaba bastante de nuestros productos ya que incorporaba grasa y azúcar.

Cabe destacar que las incoherencias entre resultados pueden estar justificadas por las diferencias existentes entre los muchos estudios, en el tipo de harina utilizada, en las fórmulas y proceso de panificación para la elaboración del pan, o el nivel de escala en que analizan el impacto de la sal en el volumen del pan.

No se ha encontrado ningún artículo realizado a nivel industrial que valore el efecto de la reducción de sal en el pan. Las diferencias

descritas en las metodologías de los estudios evidencian las dificultades para extraer conclusiones acerca los efectos de la reducción de sal en el volumen de las barras de pan.

Si bien en el estudio de Curic et al. (2008) se pretendió exponer un método objetivo para la evaluación del pan, cabe comentar que esta metodología solo consideraba a un único tipo de pan, es decir en nuestro estudio las dimensiones tanto de la BPC como de la CHPC son muy diferentes. De hecho, la BPC es un producto alargado y esférico mientras que en el caso de la CHPC es un producto rectangular. Lo que sí es importante destacar es que en el estudio de Curis et al. (2008) consideran a la apariencia analizada como las medidas de las barras de pan un punto objetivo para determinar la calidad del pan.

En relación al sabor, los estudios que han reducido satisfactoriamente la concentración de sal estaban realizados con panes muy diferentes a los de este estudio (Bolhuis et al., 2001; Girgis et al., 2003), mientras que en el estudio de Sosa et al. (2008), en el que el pan sí que era similar al de este estudio, no se pudo reducir la sal al nivel objetivo sino que los consumidores preferían el pan elaborado con una concentración de sal del 2,4%.

En la actualidad, las industrias panaderas buscan la manera de sustituir la sal por otro tipo de sales o aminoácidos que no afecten al sabor del pan y que además esta modificación no influya en las propiedades reológicas de la masa panaria sin que esto provoque un aumento en el precio del pan.

La reducción de sal propuesta a partir de la Estrategia NAOS supone que, si se consumen 35,60 kg pan/persona/año en 2011 el consumo anual de sal que proviene del pan se indica la tabla 18.

Si el consumo de pan medio diario de la población española es de 100 g, pasar de 2,2% sal (sobre harina) a 2,0% implica una disminución en la ingesta de sal de 0,34 g al día en forma de pan cocido.

Tabla 18. Consumo de sal anual en base al consumo de pan en España

(% panadero)	Concentración de sal (g/100 g pan cocido)	Consumo anual de sal por individuo (g)
2,2	1,9	676,40
2,0	1,56	555,36
1,8	1,19	423,64

Esta reducción de sal en el pan (de 2,2% a 1,8% en base harina) supone una disminución del 38% en la ingesta anual de sal de la población española, mientras que en base a los resultados de este estudio se conseguiría una disminución del 18% (de 2,2% a 2,0% en base harina) en el consumo de sal anual que proviene del pan.

A día de hoy, existe suficiente consenso en considerar que la dieta de los países occidentales son excesivamente hipersódicas y que esto contribuye a la prevalencia de las enfermedades cardiovasculares así como otras enfermedades crónicas (OMS, 2003). En España, los panes y productos de panadería suponen el 19% de una cantidad de 9,8 g/día, de la ingesta de sal total de la dieta, por tanto, la reducción de sal en el pan puede suponer un enorme impacto sobre la salud de la población.

VI - CONCLUSIONES

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

CONCLUSIONES

- 1- En la BPC elaborada en este estudio, la reducción de sal al 2,0% sobre harina produce pocos cambios en el aspecto visual y mantiene el sabor. Mientras que la disminución de sal de 2,2% a 1,8% provoca cambios inaceptables (el 26,7% de las barras se eliminan por tener un perímetro demasiado elevado) en el aspecto visual de la BPC.
- 2- La BPC con 2,0% de la concentración de sal comparada con el habitual 2,2% implica una reducción de 0,2 g sal/100 g harina, lo que supone un 9% menos.
- 3- En la CHPC elaborada en este estudio, la reducción de sal al 2,0% sobre harina, mantiene el aspecto y sabor característico.
- 4- La CHPC con 2,0% de la concentración de sal comparada con el habitual 2,4%, implica una reducción de 0,4 g sal/100 g de harina, lo que supone 17% menos.
- 5- A partir de la cantidad de sal determinada en el pan cocido elaborado para este estudio se estima la concentración de sal añadida a la harina de amasado (g NaCl/kg harina) en el pan tipo baguette. Por lo tanto, esta estimación permitirá saber si la cantidad de sal es del 1,8% sobre harina y cumple con el objetivo nutricional de contenido de sal en el pan.

- 6- La disminución en el contenido de sal de dos tipos de pan precocido congelado tiene una concentración límite del 2,0% (sobre harina) definida ya que provoca unos cambios en el aspecto visual que se alejan de las características de calidad de cada tipo de pan mientras que un menor contenido de sal tiene menos impacto sobre el sabor del pan.

VII - FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

- 1- Estudiar el uso de harinas con las cualidades reológicas óptimas para realizar cualquier tipo de pan precocido congelado con la mínima cantidad de sal necesaria para que no se modifique el sabor.
- 2- Trabajar con sustitutos de sal que no afecten ni a la viabilidad tecnológica en la elaboración de pan precocido congelado ni al sabor minimizando el contenido en sodio y favoreciendo la salud cardiovascular de la población.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

VIII - BIBLIOGRAFÍA

Para la bibliografía se ha utilizado la base de citación del formato APA (American Psychological Association) en su sexta edición (VandenBos, 2009) muy habitual en el campo de la dietética y nutrición y en las ciencias de los alimentos. No obstante, se ha adaptado al castellano en algunas normas de estilo para mantener su coherencia con el idioma de escritura de esta tesis. Las principales a destacar son:

- En la citación dentro del texto se ha mantenido *et al.*, para citar a las referencias con más de un autor, que proviene del latín y hace referencia a *et alii*, que corresponde a *y otros*.
- La sustitución del símbolo & por la conjunción *y*.
- Para indicar que un capítulo forma parte de un libro se ha modificado la preposición *IN* por *EN*.
- Se ha traducido *Retrieved from* por *Obtenido de*.

BIBLIOGRAFÍA

AACC. (1995). *Approved Methods of the AACC*. (9th ed.). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.

Addo, K., Coahran, D. R. y Pomeranz, Y. (1990). A new parameter related to loaf volume bread based on the first derivative of the alveograph curve. *Cereal Chemistry*, 67(1), 64-69.

AESAN. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2004). *Estrategia NAOS. Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y prevención de la Obesidad*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo.

AESAN. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2009a). *Plan de reducción del consumo de sal. Jornadas de Debate*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Política Social.

AESAN. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2009b). *Estudio sobre el contenido de sal en el pan. Seguimiento de la reformulación tras los acuerdos con la Confederación Española de Organizaciones de Panaderías (CEOPAN) y la Asociación Española de Fabricantes de Masas Congeladas (ASEMAC), en el marco de la Estrategia NAOS*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo.

AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación. (2010). *Normas UNE. Análisis Sensorial*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.

AFSSA. Française de sécurité des aliments. Enquête nationale sur la consommation alimentaire (INCA 2). AFSSA, Maisons-Alfort, France.

Angioloni, A. y Dalla Rosa, M. (2005). Dough thermo-mechanical properties: influence of sodium chloride, mixing time and equipment. *Journal of Cereal Science*, 41, 327-331.

Appel, L. J., Frohlich, E. D., Hall, J. E., Pearson, T. A., Sacco, R. L., Seals, D. R., ... y Van Horn, L. V. (2011). The importance of population-wide sodium reduction as a means to prevent cardiovascular disease and stroke: A call to action from the American Heart Association. *Circulation*, 123, 1138-1143.

Baardseth, P.; Kvaal, K.; Lea, P.; Ellekjær, M. R. y Færgestad, E. M. (2000). The effects of bread making process and wheat quality on French baguettes. *Journal of Cereal Science*, 32, 73-87.

Banegas J.R., Villar, F., Graciani, A. y Rodríguez-Artalejo, F. (2006). Cardiovascular disease epidemiology in Spain. *Revista Española de Cardiología*, 6 (Supl. G), 3-12.

Bárcenas, M. E., Haros, M., Benedito, C. y Rosell, C. M. (2003). Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. *Food Research International*, 36, 863-869.

Beck, M., Jekle, M. y Becker, T. (2012). Sodium chloride – sensory, preserving and technological impact on yeast-leavened products. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1798-1807.

- Belz, M., Ryan, L. y Arendt, E. (2012). The impact of salt reduction in bread: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(6), 514-524.
- Benedito-Mengod, C. (2009). Tecnología del pan. En: A. Gil Hernández y Ll. Serra Majem. *El libro blanco del pan*. (pp. 25-49). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Bettge, A., Rubenthaler, G. L. y Pomeranz, Y. (1989). Alveograph algorithms to predict functional properties of wheat in bread and cookie baking. *Cereal Chemistry*, 66(2), 81-86.
- Bolhuis, D. P., Temme, E. H. M., Koeman, F. T., Noort, M. W. J., Kremer, S. y Janssen, A. M. (2011). A salt reduction of 50% in bread does not decrease bread consumption or increase sodium intake by the choice of sandwich fillings. *The Journal of Nutrition*. doi: 10.3945/jn.111.141366.
- Brindsen, H. C. y Farrand, C. E. (2012). Reducing salt; preventing stroke. *Nutrition Bulletin*, 37, 57-63.
- Brown, I.J., Tzoulaki, I., Candeias, V. y Elliot, P. (2009). Salt intakes around the world: implications for public health. *International Journal of Epidemiology*. doi: 10.1093/ije/dyp139.
- CAE. (1997). Código Alimentario Español y disposiciones complementarias. CAE. Capítulo XX, Sec. 1ª. Código Alimentario Español. (3ª ed.). Madrid: Editorial Tecnos.
- Calaveras, J. (2004). *Nuevo tratado de panificación y bollería*. Madrid: AMV Ediciones y Mundi-Prensa.

- Capel, J. C. (1991). *El Pan*. Madrid: Editorial Montserrat Matéu.
- Cauvain, S. P. y Young, L. S. (2006). *Baked products: science, technology and practice*. Oxford: Blackwell, cop.
- Cauvain, S. P. y Young, L. S. (2007). *Technology of breadmaking*. (2nd ed.). New York: Springer Science.
- Cauvain, S. P. (2007). Reduced salt in bread and other baked products. En: D. Kilcast y F. Angus (Ed.), *Reducing salt in foods. Practical strategies* (pp. 283-295). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Codina, G. (2008). Effects of different doses of salt on alveograph and bread making quality of wheat flour with average quality as starting material. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 14, 109-113.
- Curic, D., Novotni, D., Skevin, D., Rosell, C. M., Collar, C., Le Bail, A., ... y Gabric, D. (2008). Design of a quality index for the objective evaluation of bread quality: Application to wheat breads using selected bake off technology for bread making. *Food Research International*, 41, 714-719.
- Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y. y Jeffers, H. C. (1989). Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal Chemistry*, 66, 128-132.
- Dahl, L. K. (2005). Possible role of salt intake in the development of essential hypertension. *International Journal of Epidemiology*, 34, 967-972.

- Daugirdas, J. T. (2013). Potential importance of low-sodium bread and breakfast cereal to a reduced sodium diet. *Journal of Renal Nutrition*, 23(1), 1-3.
- DeSimone, J. A., Beauchamp, G. K., Drewnowski, A. y Johnson, G. H. (2013). Sodium in the food supply: challenges and opportunities. *Nutrition Reviews*, 71(1), 52-59.
- Dobraszczyk, B. J. y Morgenstern, M. P. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38, 229-245.
- Dötsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tareilus, E., Mueller, R. y Meijer, G. (2009). Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(10), 841-851.
- EFSA. (2010). European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Dietary Reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal*, 8, 1461.
- Fadhel, M., Monteau, J-Y., Perronnet, A., Roelens, G. y Le Bail, A. (2010). Volume change of bread crumb during cooling, chilling and freezing, and the impact of baking. *Journal of Cereal Science*, 51, 115-119.
- Farahnaky, A. y Hill, S. E. (2007). The effect of salt, water and temperature on wheat dough rheology. *Journal of Texture Studies*, 38(4), 499-510.

- Farahnaky, A. y Majzoobi, M. (2008). Physiochemical properties of partbaked breads. *International Journal of Food Properties*, 11(1), 186-195.
- Feldman, G. M., Mogyorósi, A., Heck, G. L., DeSimone, J. A., Santos, C. R., Clary, R. A. y Lyall, V. (2003). Salt-evoked lingual surface potential in humans. *Journal of Neurophysiology*, 90, 2060-2064.
- Fenko, A., Shifferstein, H., Huang, T-C. y Hekkert, P. (2009). What makes products fresh: The smell or the colour?. *Food Quality and Preference*, 20, 372-379.
- Finney, K. F. (1978). Contribution of individual chemical constituents to the functional (breadmaking) properties of wheat. En: *Cereals*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Flandrin, J. L. y Montanari, M. (2004). *Historia de la Alimentación*. Gijón: Ediciones Trea.
- Francis, F. J. (1995). Quality as influenced by color. *Food Quality and Preference*, 6(3), 149-155.
- Galal, A. M., Varrinao-Marston, E. y Johnson, J. A. (1978). Rheological dough properties as affected by organic acids and salt. *Cereal Chemistry*, 55(5), 683-691.
- Gellynck, X., Kühne, B., van Bockstaele, F., van de Walle, D. y Dewettinck, K. (2009). Consumer perception of bread quality. *Appetite*, 53, 16-23.
- Girgis, S., Neal, B., Prescott, J., Prendergast, J., Dumbrell, S., Turner, C. y Woodward, M. (2003). A one-quarter reduction in the salt

content of bread can be made without detection. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57, 616-620.

Gobierno del Principado de Asturias. Consejería de Salud y Servicios Sanitarios. 2010. Estudio sobre contenido de sal en el pan en Asturias. Asturias.

Gould, J. T. (2007). Baking around the world. En: S. P. Cauvain y L. S. Young (Eds.), *Technology of breadmaking*. (2nd ed.) (pp. 223-243). New York: Springer.

Grimes, C. A., Riddell, L. J. y Nowson, C. A. (2010). The use of table and cooking salt in a sample of Australian adults. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 19(2), 256-260.

Guinet, R. y Godon, B. (1996). *La panificación*. Barcelona: Montagud Ediciones.

Guy, E. J. (1985). Effect of sodium chloride on sponge doughs and breads. *Cereal Food World*. 30(9), 644-648.

Havas, S., Dickinson, B. D. y Wilson, M. (2007). The urgent need to reduce sodium consumption. *Journal of the American Medical Association*, 298(12), 1439-1441.

He, F. J. y McGregor, G. A. (2003). How far should salt intake be reduced? *Hypertension*, 42, 1093-1099.

He, F. J y McGregor, G. A. (2007). Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. En: D. Kilcast y F. Angus (Ed.), *Reducing salt in foods. Practical strategies*. (pp. 18-54). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- He, F. J. y McGregor, G. A. (2008). A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction program. *Journal of Human Hypertension*, 23(6), 363-384.
- He, F. J., Burnier, M. y McGregor, G. A. (2011). Nutrition in cardiovascular disease: salt in hypertension and heart failure. *European Heart Journal*, 32, 3073-3080.
- Hersleth, M., Berffren, R., Westad, F. y Martens, M. (2005). Perception of bread: a comparison of consumers and trained assessors. *Journal of Food Science*, 70(2), S95-S101.
- Hruskova, M. y Famera, O. (2003). Evaluation of wheat flour characteristics by alveo-consistograph. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 12/53, SI 2, 25-28.
- Hutchings, J. B. (1977). The importance of visual appearance of food to the food processor and the consumer. *Journal of Food Quality*, 1, 267-278.
- ICC. International Association for Cereal Science and Technology. (1994). General principles of the available ICC standard methods. International Association for Cereal Science and Technology.
- INCERHPAN. (2008). Hábitos y actitudes de los españoles ante el consumo de pan. Estudio de opinión. Madrid-Spain.
- Inoue, Y. y Bushuk, W. (1991). Studies on frozen doughs I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. *Cereal Chemistry*, 68, 627-631.

- Kaur, A., Bala, R., Singh, B. y Rehal, J. (2011). Effect of replacement of sodium chloride with mineral salts on rheological characteristics of wheat flour. *American Journal of Food Technology*, 6(8), 674-684.
- Keast, R. (2010). Salt; Health, functionality and flavor. *Literature Review Salt Taste*. June 1.
- Khattak, S., D'Appolonia, B. L. y Banasik, O. J. (1974). Use of the alveograph for quality evaluation of hard red spring wheat. 57th Annual Meeting, Miami Beach, Oct-Nov 1972.
- Ktenioudaki, A., Butler, F. y Gallagher, E. (2010). Dough characteristics of Irish wheat varieties I. Rheological properties and prediction of baking volume. *LWT - Food Science and Technology*, 44(3), 594-601.
- Lawrence, G., Salles, G., Septier, C., Busch, J. y Thomas-Danguin, T. (2009). Odour-taste interactions: a way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Quality and Preference*, 20, 241-248.
- Leary, G., Oliete, B., Mezaize, S., Chevallier, S. y de Lamballerie, M. (2010). Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. *Journal of Food Engineering*, 100, 70-76.
- Lejavitzer, A. (2008). El pan y la sal: hacia una poética del gusto en el epigrama de Marcial. *Acta Poética*, 29(1), 203-221.

- Liem, D. G., Miremadi, F. y Keast, R. (2011). Reducing sodium in foods: the effect on flavor. *Nutrients*, 3, 694-711. doi: 10.3390/nu3060694.
- Lindemans, M. F. (1997). Roman mythology. Obtenido de <http://www.panthom.org/articles/ceres>.
- Linko, P., Härkönen, H. y Linko, Y-Y. (1984). Effects of sodium chloride in the processing of bread baked from wheat, rye and barley flours. *Journal of Cereal Science*, 2, 53-62.
- Loria-Kohe, V., Gómez-Candela, C., Fernández-Fernández, C., Pérez-Torres, A., García-Puig, J y Bermejo, L. M. (2012). Evaluation of the usefulness of a low-calorie diet with or without bread in the tratment of overweight/obesity. *Clinical Nutrition*, 31, 455-461.
- Luchian, M. I. y Canja, C. M. (2010). Effect of salt on gas production in bread dough. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 3(52), 167-170.
- Lynch, E. J, Dal Bello, F., Sheehan, E. M., Cashman, K. D. y Arendt, E. K. (2009). Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Research International*, 42, 885-891.
- Mackenbach, J. P., Cavelaars, A. E., Kunst, A. E. y Groenhof, F. (2000). Socioeconomic inequalities in cardiovascular disease mortality. *European Heart Journal*, 21, 1141-1151.
- MAGRAMA. (2011). Base de datos de consumo en hogares. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- Man, C. M. D. (2007). Technological functions of salt in food products. En: D. Kilcast y F. Angus (Ed.), *Reducing salt in foods. Practical strategies*. (pp. 157-173). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Mancia, G., De Backer, G., Dominiczak, A., Cifkova, R., Fagard, R., Germano, G., ... Zanchetti, A. (2007). Guidelines for Management of Arterial Hypertension. The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and the European Society of Cardiology (ESC). *Journal of Hypertension*, 25, 1105-1187.
- MARM. (2009). Estudio de mercado. Observatorio del consumo y la distribución alimentaria. Monográfico Pan. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Matz, S. A. (1989). Salt. En: S. A. Matz (Ed.), *Technology of the materials of baking*. (pp. 122-141). Texas-USA: Elsevier Science Publishers.
- McCaughey, S. (2007). Dietary salt and flavour. Mechanisms of taste perception and physiological controls. En: D. Kilcast y F. Angus (Ed.), *Reducing salt in foods. Practical strategies*. (pp. 77-98). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Miller, R. A. y Hosney, R. C. (2008). Role of salt in baking. *Cereal Food World*, 53, 4-6.
- Mondal, A. y Datta, A. K. (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering*, 86, 465-474.

Moss, M. (2010, May 29). The hard sell on salt. *The New York Times*.

Obtenido de <http://www.nytimes.com>

Noort, M. W. J., Bult, J. H. F., Stieger, M. y Hamer, R. J. (2010).

Saltiness enhancement in bread by inhomogenous spatial distribution of sodium chloride. *Journal of Cereal Science*, 52, 378-386.

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2003). WHO technical

report series. Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. Report of a joint WHO/FAO expert consultation 916. Geneva: World Health Organization (WHO).

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2012). Guideline of sodium

intake for adults and children. Geneva: World Health Organization (WHO).

Ortega, R. M., López-Sabater, A. M., Ballesteros, J. M., Pérez-Farinós,

N., Rodríguez-Rodríguez, E., Aparicio, A., Perea, J. M. y Andrés, P. (2011). Estimation of salt intake by 24 h urinary sodium excretion in a representative simple of Spanish adults. *British Journal of Nutrition*, 105, 787 – 794.

Padilla, S. (2012). The salt of the earth. *Medwave*, 12(2), 5297. doi:

10.5867/medwave.2012.02.5297.

Perk, J. , De Backer, G., Gohlke, H., Graham, I., Reiner, Z., Verschuren

W. M., ... Zannad, F. (2012) The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. *Atherosclerosis*, 223(1), 1-68.

- Petrofsky, K. E. y Hosenev, R. C. (1995). Rheological properties of dough made with starch and gluten from several cereal sources. *Cereal Chemistry*, 72(1), 53-58.
- Purdy, J. (2007). Dietary salt and the consumer: reported consumption and awareness of associated health risks. En: D. Kilcast y F. Angus (Ed.), *Reducing salt in foods. Practical strategies*. (pp. 99-123). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Pyler, E. J. (1982). *Baking. Science and Technology*. Volume I. (3th ed.) Chicago: Siebel Publishing Company.
- Quaglia, G. (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Quilez, J. y Salas-Salvado, J. (2012). Salt in bread in Europe: potential benefits of reduction. *Nutrition Reviews*, 70(11), 666-678. doi: 10.1111/j.1753-4887.2012.00540.x.
- Rasper, V. F., Pico, M-L. y Fulcher, R. G. (1986). Alveography in quality assessment of soft white winter wheat cultivars. *Cereal Chemistry*, 63(5), 365 – 400.
- RD 285/1999. Real Decreto 285/1999, de 22 de febrero, por el que se modifica el 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. Título IV, art. 16. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

Reglamento (UE) Nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.

Reglamento (UE) Nº 1129/2011 de la Comisión de 11 de noviembre de 2011 por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CE) nº 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo para establecer una lista de aditivos alimentarios de la Unión.

Reinhart, P y Manville, R. (2001). *The bread baker's apprentice: Mastering the art of extraordinary bread*. New York: Ed. Ten Speed Press.

Ribotta, P. D. y Le Bail, A. (2007). Thermo-physical and thermo-mechanical assessment of partially baked bread during chilling and freezing process. Impact of selected enzymes on crumb contraction to prevent crust flaking. *Journal of Food Engineering*, 78, 913-921.

Rosell, C. M. y Gómez, M. (2007). Frozen dough and partially baked bread: an update. *Food Review International*, 23(3), 303-319.

Sacks, F. M., Svetkev, L. P., Volmer, W. M., Appel, L. J., Bray, G. A., Harsha, D. ... y Lin, P. H. (2001). Effects on blood pressure of reduced dietary sodium in the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet. *New England Journal of Medicine*, 344(81), 3-10.

Sacks, F. M. y Campos, H. (2010). Dietary therapy in hypertension. *New England Journal of Medicine*, 363(22), 2102-2112.

- Salovaara, H. (1982). Effect of partial sodium chloride replacement by other salts on wheat dough rheology and breadmaking. *Cereal Chemistry*, 59(5), 422-426.
- Salovaara, H., Helleman, U. y Kurkela, R. (1982). Effect of salt on bread flavour. *LWT – Food Science and Technology*, 15, 270-274.
- Salvador, A., Sanz, T. y Fiszman, S. M. (2006). Dynamic rheological characteristics of wheat flour-water doughs. Effect of adding NaCl, sucrose and yeast. *Food Hydrocolloids*, 20, 780-786.
- Sastre Gallego, A. (2009). Trigo y pan en la vida e historia del hombre. En: A. Gil Hernández y Ll. Serra Majem (Eds), *Libro Blanco del Pan*. (pp. 13-24). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Seagle, H. M., Strain, G. W., Makris, A. y Reeves, R. S. (2009). Position of the American Dietetic Association: weight management. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(2), 330-349.
- Seoane, R. M. (1997). Evolución del sector panadero: técnicas actuales de panificación. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 1(5), 149-152.
- Sluimer, P. (2005). Principles of Breadmaking: Functionality of raw materials and process steps. (1st ed.). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Solà-Alberich, R. y Mataix-Verdú, F. J. (2009). Hipertensión Arterial. En: F. J. Mataix-Verdú (Ed). *Nutrición y alimentación humana*. (2a ed). (pp. 1519 - 1553). Majadahonda: Ergon.

- Sosa, M., Flores, A., Hough, G., Apro, N., Ferreyra, V. y Orbea, M. M. (2008). Optimum level of salt in French-type bread. Influence of income status, salt level in daily bread consumption, and test location. *Journal of Food Science*, 73, S392-S397.
- Strazzullo, P., D'Elia, L., Kandala, N. B. y Cappuccio, F. (2009). Salt intake, stroke and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies. *British Medical Journal*, 339, 1-9.
- Susic, D. y Frohlich, E. D. (2012). Salt consumption and cardiovascular, renal, and hypertensive diseases: clinical and mechanistic aspects. *Current Opinion in Lipidology*, 23(1), 11-16.
- Tejera, I. (1993). *El libro del pan*. Madrid: Alianza Editorial.
- Tejero, F. (1998). *El pan precocido*. Barcelona: Montagud Editores.
- Tejero, F. (1999). *Panadería y bollería. Mecanización y calidad*. Barcelona: Montagud Editores.
- Tuorula-Ollikainen, H., Lahteenmaki, L. y Salovaara, H. (1986). Attitudes, norms, intentions and hedonic responses in the selection of low salt bread in a longitudinal choice experiment. *Appetite*, 7, 127-139.
- VandenBos, G. R. (Ed.). (2009). *Publication Manual of the American Psychological Association*. (6th ed.). Washington, DC: American Psychological Association.
- Varela-Moreiras, G., Avial, J. M., Cuadrado, C., del Pozo, S., Ruiz, E. y Moreiras, O. (2010). Evaluation of food consumption and dietary patterns in Spain by the Food Consumption Survey: updated

information. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(Suppl 3), S37-43.

Ukai, T., Matsumura, Y. y Urade, R. (2008). Disaggregation and reaggregation of gluten proteins by sodium chloride. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 1122-1130.

Vulicevic, I. R., Abdel-Aal, E-S. M., Mittal, G. S. y Lu, X. (2004). Quality and storage life of par-baked brozen breads. *LWT – Food Science and Technology*, 37, 205-213.

Walsh, C. (2007). Consumer responses to low-salt food products. En: D. Kilcast y F. Angus (Ed.), *Reducing salt in foods. Practical strategies*. (pp. 124-133). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Webster, J. L., Dunford, E. K., Hawkes, C. y Neal, B. C. (2011). Salt reduction initiatives around the world. *Journal of Hypertension*, 29, 1043-1050.

Wehrle, K., Grau, H. y Arendt, E. K. (1997). Effects of lactic acid, acetic acid and table salt on fundamental rheological properties of wheat dough. *Cereal Chemistry*, 74(6), 739-744.

IX - ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1.

Vila-Martí A, Mila-Villarroel R, Romeu M and Sola-Alberich R. 2012.
Effect of salt reduction on the appearance and taste of partially-baked frozen baguette. Editor submitted

Anexo 2.

Vila-Martí A, Mila-Villarroel R, Romeu M and Sola-Alberich R. 2012.
Effect of salt reduction on the appearance and taste of partially-baked frozen Italian *ciabatta* bread. Editor submitted

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

ANEXO 1

Effect of salt reduction on the appearance and taste of partially-baked frozen baguette

Anna Vila-Martí^{1*}, Raimon Milà-Villarroel², Marta Romeu³ and Rosa Solà-Alberich⁴

¹ Faculty of Health Science, Universitat de Vic, Spain

² Unit of Biostatistics, Faculty of Medicine, Universitat de Barcelona, Spain

³ Unit of Pharmacology, Universitat Rovira i Virgili, Reus, Spain

⁴ Unit of Lipid and Atherosclerosis Research (CIBERDEM), Hospital Universitari de Sant Joan, IISPV, Universitat Rovira i Virgili, Reus, Spain

ABSTRACT

Salt reduction in bread is recommended for the prevention of chronic disease. We sought to determine the effects of salt reduction from standard 2.2% (w/w with wheat flour) content (R2.2) to 2.0% (R2.0) and 1.8% (R1.8) on the appearance and taste of industrially-produced, partially-baked, frozen baguettes. Appearance was assessed by weight, length, height and circumference in 150 baguettes produced with each of the three recipes. Taste was evaluated by triangular test of higher *versus* lower salt content baguettes. The results showed that weight and length parameters were unaffected by salt reduction. Compared with standard R2.2 baguettes, 0.7% of R2.0 and 4.7% of R1.8 had reduced height resulting in lateral collapse, while 10% of R2.0 and 26.7% of R1.8 baguettes had higher circumferences leading to rejection on quality control grounds. Panellists were unable to distinguish taste differences between R2.2 and R1.8 baguettes.

In conclusion, salt reduction from 2.2% to 1.8% causes unacceptable changes in visual appearance of the baguette while those with 2% have fewer rejects and maintain taste. Hence, the salt reduction to 2.0% leads to a reduction of 0.12g/100 g, which translates into 2% salt intake to achieve the recommended NaCl intake of 6g/day.

Introduction

Decrease in common salt (sodium chloride; NaCl) intake reduces arterial hypertension, metabolic syndrome and cardiovascular diseases (He and McGregor 2003; Sacks and Campos 2010). Many strategies have been employed worldwide to restrict salt consumption, including calls to the food industry to reduce the proportion of salt in their products. Bread is a common NaCl-rich staple food whose salt content can be reduced quite easily since it is usually produced on an industrial scale (Webster *et al.* 2011).

The Spanish Government launched a strategy to reduce the salt content of bread, progressively from 2.2% to 1.8% (w/w NaCl:wheat flour), without modifying the manufacturing process or characteristics of the raw materials (AESAN 2004). However, apart from taste, salt added during bread making has other functions: a) flavouring that enhances the natural characteristics of wheat flavour; b) specific technological function of strengthening the gluten network of wheat flour which induces a more resistant dough; c) production of a finer and crunchier crust that is more intensely coloured; and d) secondary fermentation is inhibited and strange flavours reduced (Angiolini and Dalla Rosa 2005; Farahnaky and Hill 2007; Galal *et al.* 1978; Guy 1985; Miller and Hosney 2008; Lynch *et al.* 2009).

When the salt content of bread is reduced (i.e. a lower concentration than is required for a given type of wheat flour), softer and stickier dough is produced which could lead to loaves with a fragile crust or a reduction in bread volume or a change to a less golden crust (Angiolini and Dalla 2005; Farahnaky and Hill 2007; Pylar 1982). Unsalted bread can be baked with little or no technical

difficulty, but such bread is considered to have a flat and insipid taste (Salovaara *et al.* 1982, Lucas *et al.* 2011). A product's appearance is important because the visible product creates an expectation of what will be perceived by the other senses (Fenko *et al.* 2009). According to Hutchings (1977), the first impression of a food is, usually, visual and a major part of food acceptance depends on its overall appearance which includes factors such as size, shape, and colour.

One of the most widely-sold types of bread (about 20% of all bread sold in Spain), is partially-baked frozen bread in the form of the French baguette (INCERHPAN 2008). The product is relatively cheap and is sold in supermarkets, small shops and fast-food outlets. The economic impact of sales is high. Apart from visual size and shape, the attractiveness of partially-baked frozen baguettes (PFBF) is determined by weight, length, circumference, and height. The most-consumed PFBF contains 2.2% NaCl (w/w with wheat flour) and has the optimum appearance, as determined by quality control standards of the manufacturers. Any product not attaining this standard is rejected by the bakery. Our hypothesis is that a reduction in NaCl to 2.0% or 1.8% (in line with national recommendations) would maintain taste and visual appearance that allows industrially-produced PFBF to remain commercially viable.

The aims of this study were to assess appearance (weight, length, circumference, height) and taste of PFBF with two different salt concentrations 2.0% (R2.0) and 1.8% (R1.8) compared with the commonly used standard 2.2% (R2.2) salt content baguette, while keeping constant all the other raw materials in the industrial process of bread making.

Material and Methods

Three batches of 150 PFBF were industrially produced, each batch with a different salt content in the wheat flour matrix: a) the control recipe of 2.2% salt (R2.2); b) test recipe of 2.0% salt (R2.0); c) test recipe of 1.8% salt (R1.8).

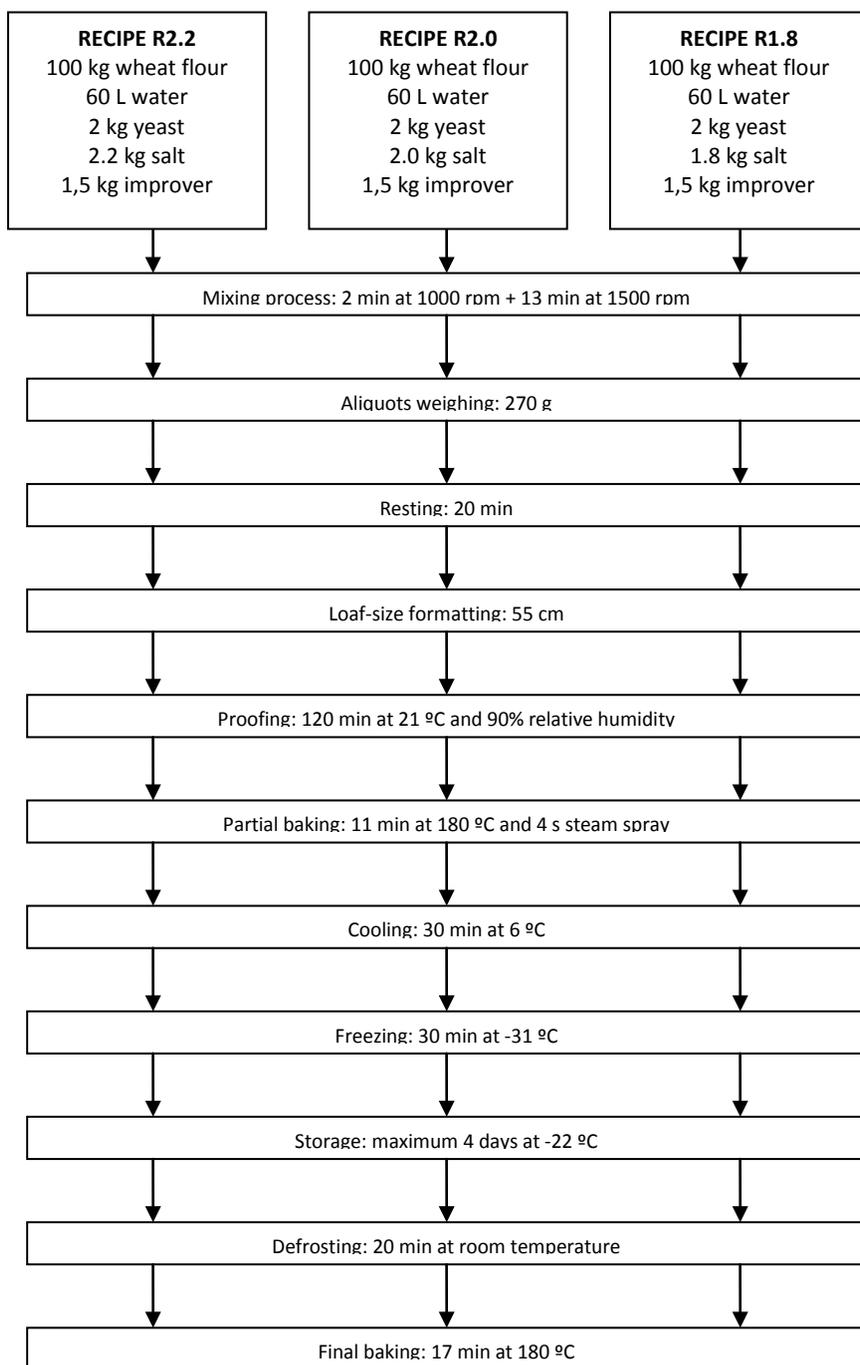
Sample preparation

The ingredients used to produce the different samples of PFBF were: wheat flour from Harinas Villamayor (Plasencia del Monte, Spain), water, salt from Salinera Española (San Pedro del Pinatar, Spain), compressed yeast *Sacharomyces cerevisiae* from Lesaffre Group (Valladolid, Spain) and bread improver including ascorbic acid, soy lecithin and enzymes such as alpha-amylase from Puratos (Sils, Spain).

The formulae used in preparing the baguettes are shown in Fig.

1.

Figure 1. Flow diagram showing the manufacturing process of PBFB using the three recipes assessed in the present study



The rheological characteristics of the flour used in this study were analysed using an Alveograph NG (Chopin; Tripette et Renaud, France) according to the AACC Approved Method 54-30A (1995). The results are summarised in Table 1.

Table 1. Rheological characteristics (as measured by the Chopin alveograph) and moisture of the wheat flour used

Characteristic	Mean \pm SD
Moisture; %	14.12 \pm 0.05
W (deformation energy); $\times 10^{-4}$ J	168 \pm 2.35
le (elasticity index); %	46.00 \pm 0.25
P (overpressure); mm	45.17 \pm 0.92
L (extensibility); mm	156.02 \pm 0.29
P/L (curve configuration ratio)	0.29 \pm 0.06

The values are the means of triplicate measurements.

These parameters conform to literature values and indicate good wheat flour for making industrial-scale, PBFB.

Fig. 1 depicts the continuous industrial baguette-making process (600 x 800 Standard Tray Line, Mecatherm, France) to produce 2500 loaves per hour. The process included the following steps: The ingredients were mixed in a double arm mixer for 2 min at low speed followed by 13 min at high speed for a total mixing time of 15 min. The ingredients were all mixed at the same time, except for water, half of which was added at the beginning and the other half when changing mixing speed. By the end of mixing, the dough reached a

temperature of 21.5 °C. The dough was divided into aliquots of 270 g. After a 20 min resting period, the dough pieces were stretched to 55 cm (the approximate size of the loaf) and placed on silicone-treated aluminium net trays. The dough pieces were placed in the proofing chamber at 21 °C and 90% relative humidity (RH) for 120 min. To encourage bread growth during baking, small surface cuts were made in the fermented pieces before being placed in a circulating air oven where they were steamed for 4 seconds and baked at 180 °C for 11 min. The loaves were cooled to room temperature for 30 min then placed in a freezer at -31 °C for 30 min. After freezing, the partially-baked baguettes were packed into polypropylene bags and stored at -22 °C for 4 days before the final baking. All the procedures were repeated for the two test batches of 150 loaves each, using the two test recipes.

Bread analyses

Bread evaluation

Table 2 summarises the variables in the standard (R2.2) commercial PFBF product, compared to the test products (R2 and R1.8 PFBF). The dimensions were measured using a laboratory weighing scale (New Classic MS, Metler Toledo, Spain; 0.001 g accuracy), a rigid tape, a flexible tape and callipers. All measuring apparatus used were calibrated by an external supplier (ISO 17025 certification).

Sensory evaluation

A triangular test was carried out to determine whether there were differences in sensory perception between two samples. Analysis was with the binomial model to evaluate the odd sample between comparisons i.e. the sample with the highest salt content (R2.2) *versus* the sample with the lowest salt content (R1.8), according to the UNE-EN ISO 4120 (AENOR 2010) rules.

Each panellist was given a tray with three random samples, two of which were from the same batch and the panellists were asked to identify the sample which was different (i.e. the odd one out). The panel consisted of 37 individuals aged between 22 and 56 years: 28 females, 9 males, 7 smokers and 30 non-smokers. They were selected for their sensitivity to taste according to UNE 87-003-95; ISO 3972:1991 (AENOR 2010). Testing was conducted between 10:30-13:00 in the morning and 15:30-17:00 in the afternoon, in a tasting room as specified by UNE-EN ISO 8589 (AENOR 2010). Samples of PBFB were thawed for 40 min at room temperature then baked in a static air oven at 180 °C for 17 min. The loaves, with the ends cut-off and disposed of, were then sliced (25 g, 3 cm wide) and presented to each of the panellists independently.

Statistical analysis

The results were expressed as the mean \pm 95% confidence interval (95%CI). The numbers of loaves that did not meet the standard quality criteria of weight, length, circumference and height were noted. We performed multivariate analysis of variance (MANOVA) according to Tukey's HSD (honestly significant difference)

to compare the means of the variables (weight, height, length and circumference) of the three salt concentration groups of bread samples (R2.2, R2.0 and R1.8). In a second step, individual parameters corresponding to the whole sets of samples were analysed using ANOVA. The degree of significance was adjusted by multiple-contrast analysis using a Bonferroni-type adjustment. Probability values of $p < 0.05$ were considered statistically significant.

The triangular test data were analysed as frequency counts with binomial probabilities (β risk = 0.05; $P_d = 50\%$; $P_b = 0.667$) where P_d represents the percentage correct answers above chance alone and P_b represents the probability of the corresponding binomial law, the number of correct responses required for significance, and P value.

Statistical analyses were performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 17.0 for Windows 2000/XP (SPSS Inc., Chicago, Illinois). The Fizz Biosystèmes (Couternon, France) was used for the sensory data evaluation.

Results

Bread evaluation

Compared to R2.2, the R2.0 and R1.8 PBFB samples were within the optimum range with respect to weight and length ($p = 0.988$ and 0.831 respectively). With respect to height, one (0.7%) of 150 and seven (4.7%) of 150 baguettes of the R2.0 and the R1.8 recipes, respectively, did not fulfil the optimum range as set for R2.2. Further, compared with R2.2, the circumference of fifteen baguettes (10%) and of forty baguettes (26.7%) of the loaves baked according to the

R2.0 and R1.8 recipes, respectively, were outside the optimum range; the loaves not falling within the quality-control standard ranges were rejected.

Multivariate analysis showed significant differences between the three salt concentration groups for a linear combination of height, weight, circumference and length of baguettes (Wilks' $\Lambda = 0.701$, $F = 21.575$, $p < 0.001$, multivariate $\eta^2 = 0.163$). Table 2 summarises the appearance variables of PFBF.

Effect on loaf weight

There were no significant differences with respect to weight of loaves ($p = 0.988$), with mean values of 256.00 g [95%CI: 255.59 – 256.44] for R2.2, 256.01g [255.59 – 256.44] for R2.0, and 255.97 g [255.54 – 256.39] for R1.8 (Table 2).

Table II. The appearance of PBFB produced with standard and test recipes of salt content

	Optimum range ¹	R2.2 (control)			R2.0			R1.8		
		Mean	95%CI	Mean	95%CI	Mean	95%CI	F	p-value	η^2
Weight; g	250 – 260	256.0	255.6 – 256.4	256.0	255.6 – 256.4	255.9	255.5 – 256.4	0.01	0.99	0.001
Length; cm	54.5 – 58.5	56.9	56.7 – 57.1	56.9	56.7 – 57.1	56.8	56.8 – 56.9	0.61	0.83	0.001
Circumference; cm	16 – 18	17.1	17.0 – 17.2	17.7 ^a	17.6 – 17.8	17.7 ^a	17.6 – 17.8	50.34	<0.001	0.184
Height; cm	3.5 – 5	4.3	4.2 – 4.3	4.2 ^a	4.1 – 4.2	4.0 ^{a,b}	3.9 – 4.0	33.20	<0.001	0.129

R2.2 is the standard PBFB with 2.2% salt content; R2.0 contains 2.0% salt; R1.8 contains 1.8% salt. The results are expressed as means and 95% confidence intervals (95%CI) of 150 samples of baguettes with each of the 3 different salt concentrations

¹These ranges are defined as the optimum quality appearance values exhibited by the standard industrially-produced PBFB containing 2.2% salt.

^a: significant differences with respect to R2.2; ^b: significant differences with respect to R2.0; P< 0.05

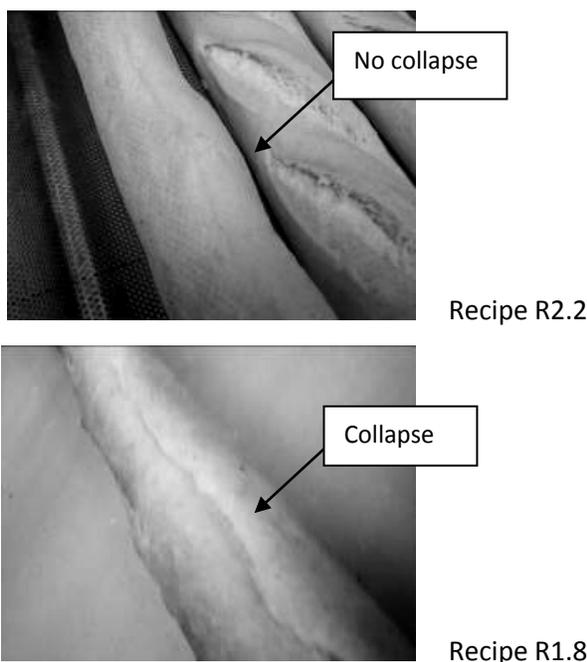


Figure 2. The visual effect of salt reduction showing collapse in the overall shape of the PFBF. The photographs show the effect of salt reduction on the final shape of the baguettes. Recipe R1.8 results in a softer product with a collapse of the sides of the loaf. No collapse was detected in samples produced with Recipe R2.2.

Sensory evaluation

The panellists were unable to distinguish ($p = 0.078$) between the standard-salt baguette (R2.2) and the test-salt baguette (R1.8).

Discussion

In the industrially-produced PFBF, the circumference is increased and height is decreased when salt content is reduced from 2.2% to 2.0% and/or 1.8% (w/w with wheat flour). However, the taste of the baguettes remained indistinguishable despite salt reduction. As such, the results partially confirmed our hypothesis

that taste was maintained despite variation in salt content. Visual appearance was not maintained when salt content was reduced to 2.0% and 1.8% compared to the usual recipe of 2.2%. To the best of our knowledge, there is no published work that explicitly considered the effects of salt reduction in PFB in the industrial process of bread making, although some studies had determined salt content in baguettes in general.

Reducing the salt content to 1.8% would have a considerable impact on health of a population (Susic *et al.* 2012) but the quantity of loaves that were rejected in our study because they failed to meet quality control standards would have adversely affected the economy of the bakery.

From the data of this study, the salt reduction to 2.0% results in an acceptable economic loss in production, while contributing to an acceptable reduction of 9% in salt intake associated with bread. The salt reduction to 1.8% involved an economically-unacceptable production loss; i.e. a high rejection rate because of poor visual appearance of the loaves due to lateral collapse.

Compared with R2.2, the R2.0 and R1.8 baguettes were within the optimum ranges for weight and length. Conversely, in the study of Lynch *et al.* (2009), baguettes produced with 0.3g NaCl/g dough and 0.6g NaCl/g dough were comparable to the industry's quality control standard of 1.2g NaCl/g dough in terms of dough rheology, baking quality characteristics and sensory attributes. However, the physical characteristics were not evaluated in their study.

Visual appearance is the most important aspect of a product and, as such, shape and size need to be controlled (Fenko and others 2009). With respect to organoleptic qualities, the salt content can enhance bread flavour. Further, salt facilitates gluten network formation in dough, as well as consistent crumb structure and an improved bread volume (Miller and Hoskeney 2008; Ukai *et al.* 2008, Codina 2008; Pylar 1982; Cauvain and Young 2007). Cauvain and Young (2007) maintain that the critical dimensions for most loaves are length and height, with breadth being less important. Our study shows that length remained unaffected by salt reduction whereas height decreased and circumference increased. Surprisingly, in the present study, the length of the PFBF did not change when salt concentration was decreased. In the bread making process “proofing” is often necessary to stretch the dough in order to obtain the elongated shape of the future baguette (Pylar 1982). In our study, the loaves with lower salt content were expected to have shrunk less. However, no differences were observed relative to the standard R2.2 bread samples.

The characterisation of any particular bread type will always include a description of its physical appearance, usually starting with its external form. Thus, baguettes are likely to be described by their length and diameter or external perimeter or circumference (Cauvain and Young 2007). In this respect, the perimeter of PFBF could increase due to its collapse in height and lateral denting caused by a weakening of the gluten network (Farahnaky and Hill 2007; Ukai *et al.* 2008) induced, in our study, by the characteristics of the aluminium net tray used in the continuous-tray industrial process of baguette

baking. The outcome tends towards a loaf with a flat appearance which could be caused by a weakened gluten network that is unable to retain CO₂ generated during fermentation. Hence, when the product is baked, the structure cannot be maintained and the loaf collapses (Ukai *et al.* 2008).

The effect of salt reduction on the shape of PBFB is stable for approximately 6 months if the freezing temperature is maintained. Longer-term freezing produces ice crystals which can induce rupture of the gluten structure (Rosell and Gómez 2009) and, therefore, when the loaf is subsequently thawed and baked to completion, the collapse in structure could be greater.

The study by Codina *et al.* (2008) reported that bread volume and taste were the key parameters influenced by salt content. Although in our study we did not analyse loaf volume *per se*, the different parameters analysed could be used to derive approximate baguette volume.

Miller and Hosney (2008) reported that salt concentrations between 1.5 and 2% are optimum for bread production and that salt levels below this range lead to a decrease in loaf volume. However, in our industrial process, we observed that 2.0% and 1.8% (w/w salt/wheat flour) produced an increase in circumference, a decrease in height and, as a consequence, a change in volume of the baguette. Guy (1985) concluded that the salt concentration in dough affects mixing and proofing times, but not the volume of the final product. Ukai *et al.* (2008) indicated that the salt content affects the formation of protein complexes causing changes in the rheological properties of dough, such as dough stability and optimal dough development.

Dough hydration is also important. The addition of less water produces stiffer dough, which facilitates gluten formation and masks the effect of salt reduction (Farahnaky and Hill 2007). Hence, salt influences the development of a gluten network through the restriction of water availability (Belz *et al.* 2012). Adjustments are needed in water content, temperature, and type of flour when salt is reduced and the mixing process is affected (Angiolini and Dalla 2005; Farahnaky and Hill 2007; Linko *et al.* 1984).

According to the latest consumer data, the Spanish population consumes about 100g of bread per day. This implies that the normal intake of salt is 1.32 g/100g (from 2.2% salt/loaf); the reduction to 2.0% contributes to a reduction of 2% in the salt intake associated with bread and this would help achieve the recommended intake of 6 g NaCl /day. Further studies are warranted to achieve less salty bread, but with unaltered appearance.

Conclusions

In the industrial production of partially-baked frozen baguette, weight and length are not affected by salt reduction while circumference is increased and height is decreased. On the other hand, panellists were unable to distinguish the differences between R2.2 and R1.8 baguettes. The low rejection rate of R2.0 loaves suggests that this salt content does not adversely affect the commercialisation of the product. Since taste does not seem to be affected, more investigation needs to be applied to improving the visual aspects of the R1.8 loaf to make it commercially viable. If individuals in a general population consume about 100g of bread per

day, the intake of salt is 1.32 g/100g from a baguette containing 2.2% salt. The salt reduction to 2.0% leads to a reduction of 0.12g/100 g, which translates into 2% salt intake to achieve the recommended NaCl intake of 6g/day and is an effective measure to help reduce the overall salt intake in the general population.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge David Masferrer, Miquel Trafach and Arturo Bonet for their practical help and advice in the industrial baking process.

Conflict of interest

None of the authors have received honoraria and have no involvements that could affect the validity of the study.

References

- AESAN. Agencia Española de Seguridad Alimentaria. (2004). Estrategia NAOS. Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y prevención de la Obesidad. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid.
- AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación. (2010). Normas UNE. Análisis Sensorial. AENOR, Madrid.
- AACC. American Association of Cereal Chemists. (1995). Approved Methods of the AACC, Method 54-30A, 9th ed. American Association of Cereal Chemist. St. Paul, MN.

- Angioloni, A. & Dalla Rosa, M. (2005). Dough thermo-mechanical properties: influence of sodium chloride, mixing time and equipment. *Journal of Cereal Science*, **41**, 327-331.
- Belz, M, Ryan, LM & Arendt, E. (2012). The impact of salt reduction in bread: a review. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, **52**(6), 514-524.
- Cauvain, S.P. & Young, L.S. (2007). *Technology of breadmaking*. 2nd ed. New York: Springer Science.
- Farahnaky, A. & Hill, S.E. (2007). The effect of salt, water and temperature on wheat dough rheology. *Journal of Texture Studies*, **38**(4), 499-510.
- Fenko, A., Shifferstein, H., Huang, T-C. & Hekkert, P. (2009). What makes products fresh: The smell or the colour? *Food Quality and Preference*, **20**, 372-379.
- Codina, G. (2008). Effects of different doses of salt on alveograph and bread making quality of wheat flour with average quality as starting material. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, **14**, 109-113.
- Galal, A.M., Varrinao-Marston, E. & Johnson, J.A. (1978). Rheological dough properties as affected by organic acids and salt. *Cereal Chemistry*, **55**(5), 683-691.
- Guy, E J. (1985). Effect of sodium chloride on sponge doughs and breads. *Cereal Food World*, **30**(9), 644-648.

- He, F.J. & MacGregor, G.A. (2003). How far should salt intake be reduced? *Hypertension Journal of American Heart Association*, **42**, 1093-1099.
- Hutchings, J.B. (1977). The importance of visual appearance of food to the food processor and the consumer. *Journal of Food Quality*, **1**, 267-278.
- INCERHPAN. (2008). Hábitos y actitudes de los españoles ante el consumo de pan. Estudio de opinión. Madrid-Spain.
- Lucas, L., Riddell, L., Liem, G., Whitelock, S. & Keast, R. (2011). The influence of sodium on liking and consumption of salty food. *Journal of Food Science*, **76**(1), S72-S76.
- Lynch, E.J., Dal Bello, F., Sheehan, E.M., Cashman, K.D. & Arendt, E.K. (2009). Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Research International*, **42**, 885-891.
- MAGRAMA. (2011). El consumo alimentario en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Miller, R.A. & Hosney, R.C. (2008). Role of salt in baking. *Cereal Food World*, **53**, 4-6.
- Pyler, E.J. (1982). *Baking. Science and Technology*. Volume I. Chicago: Siebel Publishing Company.
- Rosell, C.M. & Gómez, M. (2009). Frozen dough and partially baked bread: an update. *Food Review International*, **23**(3), 303-319.
- Sacks, F.M. & Campos, H. (2010). Dietary therapy in hypertension. *New England Journal of Medicine*, **363**(22):2102-12.

- Salovaara, H., Hellemann, U. & Kurkela, R. (1982). Effect of salt on bread flavour. *LWT-Food Science and Technology*, **15**, 270-274.
- Susic, D. & Frohlich, E.D. (2012). Salt consumption and cardiovascular, renal, and hypertensive diseases: clinical and mechanistic aspects. *Current Opinion on Lipidology*, **23**(1), 11-6.
- Ukai, T., Matsumura, Y. & Urade, R. (2008). Disaggregation and reaggregation of gluten proteins by sodium chloride. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **56**, 1122-1130.
- Webster, J.L., Dunford, E.K., Hawkes, C. & Neal, B.C. (2011). Salt reduction initiatives around the world. *Journal of Hypertension*, **29**,1043-1050.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

ANEXO 2

Effect of salt reduction on the appearance and taste of partially-baked frozen Italian *ciabatta* bread

Anna Vila-Martí ^a, Raimon Milà-Villarroel ^b, Marta Romeu ^c, Rosa Solà ^d

^a Unit of Human Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Universitat de Vic, Sagrada Família 7, 08500-Vic, Spain; anna.vilamarti@uvic.cat

^b Unit of Biostatistics, Faculty of Medicine, Universitat de Barcelona, C/Casanova 143, 08036 Barcelona, Spain; rmila@ub.edu

^c Unit of Pharmacology, Faculty of Medicine and Health Sciences, Universitat Rovira i Virgili, C/Sant Llorenç 21, 43201 Reus, Spain; marta.romeu@urv.cat

^d Unit of Lipid Research and Atherosclerosis and (CIBERDEM), Hospital Universitari de Sant Joan, IISPV, Universitat Rovira i Virgili, Sant Llorenç 21, 43201 Reus, Spain; rosa.sola@urv.cat

* Corresponding author: Tel: (+34) 93 886 12 22; Fax: (+34) 93 889 10

63

E-mail address: anna.vilamarti@uvic.cat

Unit of Human Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Universitat de Vic, Sagrada Família 7, 08500-Vic, Spain.

Abstract

Dietary salt (NaCl) reduction helps reduce hypertension and related chronic diseases. Decreasing NaCl content in bread, without adversely affecting consumer acceptability of the product, is an important challenge in the bread industry. We determined the effects of a salt decrease from the standard 2.4% (R2.4) to test recipes 2.2% (R2.2), 2.0% (R2.0) and 1.8% (R1.8) on physical characteristics (weight, length, width and height) and taste. In all of the four recipes of industrially-produced partially-baked frozen *ciabatta* (PBFC), the weight was unaffected. Compared with R2.4, length was similar in R2.2 but was increased in R2.0 and R1.8 loaves ($p < 0.001$). Compared with R2.4, width increased and height decreased in R2.2, R2.0 and R1.8 ($p < 0.001$) leading to a flattened aspect.

In taste, the least preferred PBFC loaf was R1.8 ($p < 0.05$) while there were no statistically significant differences between R2.4 vs. R2.2 and R2.2 vs. R2.0.

Taste, which is the determining factor in customer choice, is preserved in all except the R1.8 loaves. Since 100 g of R2.0 PBFC contains 1g of NaCl, this translates into 5% salt reduction from the usual 1.29g/100g *ciabatta* (R2.4) and helps reduce salt intake to reach the recommended maximum intake of 6 g NaCl/day.

1. Introduction

Decrease in common salt (sodium chloride; NaCl) intake reduces arterial hypertension, metabolic syndrome and cardiovascular disease (Susic and Frohlich, 2012).

Salt concentration in food items, including baked products, has become an acute nutritional question in recent years since bread contributes a considerable amount of salt to the occidental diet (Belz, Ryan and Arendt, 2012); specifically 19% of salt intake in the Spanish diet (MARM, 2010).

Apart from taste, NaCl has a number of important functions in bread-making including an affect on the physical properties of dough, the regulation of fermentation, strengthening the gluten network of wheat flour, increasing dough strength and tenacity, and enhancing the natural characteristics of bread flavor (Belz et al., 2012; Guy, 1985; Lynch et al., 2009; Matz, 1989; Mondal et al., 2008; Pylar, 1982). To decrease the NaCl sodium content in food products, without changing consumer acceptability, has become an important challenge for the food industry (Lawrence et al., 2009). There is a need for a better understanding of the technological role and importance of salt in baking (Linko et al., 1984).

The Spanish Government recently launched a campaign to reduce, progressively, the salt content of bread from the normal dose of NaCl of 2.4% to 1.8% of wheat flour without modifying the manufacturing process or the characteristics of the raw materials (AESAN, 2004).

Ciabatta is typical Italian bread, but its consumption is high in Spain at 6.4% (INCERPHAN, 2008). The Technical Bulletin of Breads in Italy describes *ciabatta* as being longer, stretched and flattened bread with a typical sourdough flavor. The crust is thin and crispy with an intense brown color. The crumbs are very moist, a non-uniform cell structure, and with large holes. The texture is somewhat tough and chewy. The bread is best eaten while still fresh (Breads in Italy. Technical Bulletin XXIII, Issue 9, 2001). The quantity of water in the recipe is very high (80% w/w with flour), and the proofing times very long, at 5 hours.

In the industrial production of partially-baked frozen *ciabatta* (PBFC) the normal salt concentration is 2.4% (w/w with flour). The reduction to 1.8% salt (w/w with flour) contributes to the reduction of 25% in salt intake from this type of bread. In the study by Girgis et al., (2003), NaCl reduction of 25% in bread can be made without making an impact on consumer selection, but any further reduction can cause unacceptable changes to the customer's sensory appreciation of the product's properties (Noort et al., 2010). However, this awareness by the consumer needs to be evaluated in other types of extensively-consumed partially-baked frozen breads. The effect of salt reduction in industrially-produced *ciabatta* with high water content and long proofing times without the shape-forming mould is fraught with uncertainty.

The aims of this study were to evaluate the effect of reduction from 2.4% to 1.8% of salt (w/w with wheat flour) on appearance (weight, length, height and width) and taste in industrially-produced PBFC.

2. Experimental

2.1. PBFC preparation

2.1.1. Recipe ingredients

The ingredients used to produce PBFC were wheat flour (Harinas Villamayor, Plasencia del Monte, Spain), water, salt (San Pedro del Pinatar, Spain), compressed yeast *Sacharomyces cerevisiae* (Lesaffre Group, Valladolid, Spain) and bread improver, including ascorbic acid (DSM, St. Joan Despí, Spain). These ingredients were used to produce four sets of test breads differing only with respect to salt content (w/w with wheat flour): R2.4 is the standard PBFC with 2.4% salt; R2.2 contains 2.2% salt; R2.0 contains 2.0% salt; R1.8 contains 1.8% salt. The proportions of each of the ingredients that constitute the PBFC recipes are shown in Table 1. R2.4 is the amount of salt usually contained in *ciabatta* bread and, as such, has been used as a control sample for comparisons with the other 3 “test” types of PBFC.

Table 1. Composition of the PBFC bread samples

Ingredients		R2.4	R2.2	R2.0	R1.8
Dough formula	Wheat flour (kg)	100	100	100	100
	Water (L)	80	80	80	80
	NaCl (% w/w with flour)	2.4	2.2	2.0	1.8
	Compressed yeast (kg)	2	2	2	2
	Bread improver (kg)	1	1	1	1

PBFC: industrially-produced partially-baked frozen *ciabatta*, Italian type bread

R2.4=24 g/kg (w/w with wheat flour); standard (“control”) PBFC

R2.2= 22 g/kg (w/w with wheat flour); test PBFC

R2.0= 20 g/kg (w/w with wheat flour); test PBFC

R1.8=18 g/kg (w/w with wheat flour); test PBFC

2.1.2. Characteristics of flour

The routine analyses of flour include moisture content, and rheological proprieties. The rheological characteristics of the flour used in this study were analyzed using an Alveograph NG (Chopin Tripette et Renaud, France) according to the AACC Approved Method 54-30A (1995). The results are summarized in Table 2.

Table 2. Moisture and rheological characteristics of the wheat flour

Characteristics	Mean \pm SD
Moisture (%)	14.12 \pm 0.05
Rheological properties	
Deformation energy; W (x10 ⁻⁴ J)	168 \pm 2.35
Elasticity index; Ie (%)	46 \pm 0.25
P200 pressure	20.77 \pm 1.65
Overpressure; P (m/m)	45.17 \pm 0.92
Extensibility; L (m/m)	156.02 \pm 0.29
Deformation ratio; P/L	0.29 \pm 0.06

Values are the mean \pm standard deviation (SD) of three replicate measurements

Measures of the rheological properties of the wheat flour were with the Chopin Alveograph.

2.1.3. PBFC production steps

The loaves (n=90) were prepared for each of the 4 different recipes of PBFC.

Dough mixing was in a twin-arm mixer (Prat-Gouet, Barcelona, Spain) for 5 min at low speed (1000 rpm) and 15 min at high speed (1500 rpm) for a total mixing time of 20 min. The ingredients were mixed in four steps, according to the recommendations of Cauvain & Young

(2007) and Miller & Hosenev (2008). Initially, wheat flour, bread improver and half the quantity of water were mixed, the mixing speed changed and, then, the rest of water added. Yeast and salt were added at 10 and 15 min respectively. At the end of the mixing, the dough reached a temperature of 22 °C and was set aside to rest for 1h at room temperature. The dough was separated into aliquots of 225 g and allowed to rest again for 60 min at room temperature. The pieces were placed on flat trays and were flattened to achieve laser-guided dimensions 30 cm x 14 cm (length and width). The loaves were placed in the proofing chamber at 21 °C and 90% relative humidity for 4h. Before proofing, loaves were baked in hearth-type baking oven (Hornos Tayso, Spain) at 180 °C for 20 min at the end of which steam was sprayed for 6 seconds directly into the oven. The loaves were stacked at room temperature for 30 min away from air draughts since this would dry the product and produce fracturing of the crust. The loaves were then introduced into a freezer tunnel at -31 °C for 30 min and, following freezing, the PBFC were packed in polypropylene bags and kept at -22 °C for 4 days before dimension testing and then, as in standard commercial practice, being fully baked for sensory evaluation.

2.2. PBFC analysis

2.2.1. PBFC characterization

Weight was measured using a laboratory weighing scale with $\pm 0.001\text{g}$ accuracy (New Classic MS, Metler Toledo, Spain,), length and width with a rigid tape, and height with caliper.

2.2.2. Sensory evaluation

Sensory evaluation was by a rank order measurement and a preference rating test following the recommendations of UNE-ISO 8587 (AENOR, 2010) and UNE-ISO 6658 (AENOR, 2010) respectively.

Prior to the sensory evaluation, loaves were thawed for 40 min at room temperature and were cooked at 190 °C for 25 min in a static air oven (KWIK-CO / KX-9 G+H Salva; Spain). The slices (without the two ends of each loaf) weighed 40 g and were 3 cm wide.

The sensory assessments were performed following the UNE-ISO 8587 rules (AENOR, 2010) which evaluate the ability of testers (who were blinded with respect to the provenance of the loaves) to rank the PBFC in relation to the salt content and, as well, a ranking preference following the UNE-ISO 6658 (AENOR, 2010) rules.

The judges on the tasting panel (n=37) were aged between 22 and 56 years: 28 females and 9 males, 7 smokers and 30 non-smokers. They were selected for their taste sensitivity, according to UNE 87003:1995 (AENOR, 2010). The tests were performed at mid-day (between 10:30 and 13:00) and mid-afternoon (between 15:30 and 17:00), in a testing room conditioned as specified on UNE-EN ISO 8589 (AENOR, 2010).

All samples were presented to the judges in a random order on white paper plates labeled with three-digit random codes. The judges were asked to taste the four samples and rank them in the ascending order of salt concentration for the rank order measurement, from less salty to more salty (1 to 4 points). The judges were then asked to rank the samples in order of personal preference; from least- to most-preferred (1 to 4 points).

2.3. Statistical analysis

Results are expressed as mean and 95% Confidence Interval (95% CI). We performed multivariate analysis of variance (MANOVA) followed by Tukey HSD (honestly significant difference) to compare the means of the different variables (weight, length, width and height) between the PBFC R2.4, R2.2, R2.0 and R1.8. In a second step, single parameters corresponding to the whole set of samples studied were analyzed using ANOVA. The degree of significance was adjusted by multiple-contrast analysis using a Bonferroni-type adjustment. P-values < 0.05 were considered statistically significant. Non-parametric tests were used for the sensory analyses. The ranking order and preference analysis had the Page test and the Friedman test applied, respectively (AENOR, 2010). Further, in the personal preference assessment, the Wilcoxon test was used to evaluate differences in scores between different combinations of sample pairs.

Statistical analyses were performed with the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 17.0 for Windows 2000/XP (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

3. Results

3.1. PBFC evaluation

The MANOVA showed significant differences between the four salt concentration groups in a linear combination of weight, length, width and height of PBFC (Wilks' $\Lambda = 0.068$; $F = 137.471$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.592$).

3.1.1. Loaf weight measures

The weight of PBFC values were: mean (95% CI) of 204.62 g (204.03-205.22) for R2.4; 205.83 g (204.28-205.38) for R2.2; 204.08 g (204.56-205.60) for R2.0; 204.80 g (204.29-205.31) for R1.8. These differences were not statistically significant ($p=0.701$) (Table 3).

3.1.2. Loaf length measures

The length of PBFC was affected by the salt content with mean values (95% CI) of 31.46 cm (31.27-31.66) for R2.4, 31.72 cm (31.53-31.90) for R2.2, 32.32 cm (32.15-32.49) for R2.0 and 33.73 cm (33.58-33.88) for R1.8. The lengths of R2.4 and R2.2 were similar. However, R2.0 and R1.8 were significantly different from each other and from R2.4 and R2.2 ($p < 0.001$) (Table 3).

3.1.3. Loaf width measures

The width of PBFC was affected by the salt content, with mean values (95% CI) of 13.99 cm (13.95-14.04) for R2.4, 14.13 cm (14.07-14.19) for R2.2, 14.37 cm (14.32-14.42) for R2.0 and 15.62 cm (15.58-15.66) for R1.8. The differences were statistically significant ($p < 0.001$).

3.1.4. Loaf height measures

The height of PBFC was affected by the salt content, with mean values (95% CI) of 3.58 cm (3.54-3.62) for R2.4, 3.37 cm (3.31-3.43) for R2.2, 3.12 cm (3.07-3.17) for R2.0 and 2.89 cm (2.86-2.92) for R1.8. The differences were statistically significant ($p < 0.001$).

Table 3. Characteristics of the four types of PBFC according to salt content

	R2.4 (n=90)		R2.2 (n=90)		R2.0 (n=90)		R1.8 (n=90)		F	Overall p-value	η^2
	Mean	95%CI	Mean	95%CI	Mean	95%CI	Mean	95%CI			
Weight (g)	204.62	204.03 – 205.22	204.83	204.28 – 205.38	205.08	204.56 – 205.60	204.80	204.29 – 205.31	0.47	0.70	0.04
Length (cm)	31.46	31.27 – 31.66	31.72 ^{cd}	31.53 – 31.90	32.32 ^{abd}	32.15 – 32.49	33.73 ^{abc}	33.58 – 33.88	133.27	<0.001	0.529
Width (cm)	13.99	13.95 – 14.04	14.13 ^{acd}	14.07 – 14.19	14.37 ^{abd}	14.32 – 14.42	15.62 ^{abc}	15.58 – 15.66	908.69	<0.001	0.884
Height (cm)	3.58	3.54 – 3.62	3.37 ^{acd}	3.31 – 3.43	3.12 ^{abd}	3.07 – 3.17	2.89 ^{abc}	2.86 – 2.92	173.99	<0.001	0.595

The results are expressed as means and 95% confidence intervals (95%CI) of 90 PBFC loaves for each recipe

PBFC: industrially-produced partially-baked frozen *ciabatta*, Italian type bread

^a significant differences with respect to R2.4; ^b significant differences with respect to R2.2; ^c significant differences with respect to R2.0; ^d significant differences with respect to R1.8; P < 0.05

3.2. Sensory evaluation

The ranking, analyzed with the Page test, demonstrated that judges correctly ordered R2.4 and R1.8, but not the R2.2 and R2.0 samples ($p < 0.05$). This suggests a similarity of taste of the samples with medium salt content (R2.2 and R2.0).

According to the preferred ranking, the PBFC loaf with the least-preferred taste was R1.8 ($p < 0.05$) according to the Friedman test. There are no statistically significant differences between R2.4 vs. R2.2 ($z = -1.552$; $p = 0.121$) and R2.2 vs. R2.0 ($z = -0.656$; $p = 0.512$). However, as demonstrated by the Wilcoxon test the differences between R2.0 vs R1.8 were significantly different ($z = -2.810$; $p < 0.05$).

These data sets indicate that the salt content can be reduced from R2.4 to R2.0 without adverse affects (i.e. rejection by the potential customer) with respect to taste.

4. Discussion

In the industrially-produced PBFC, salt reduction from the usual 2.4% to 2.0% (w/w with wheat flour) preserves the typical sourdough flavor of *ciabatta*. PBFC weight was unaffected by salt reduction. The length PBFC of R2.4 and R2.2 were similar, while the lengths increased in R2 and R1.8 samples. Compared with R2.4, the widths of PBFC increased and the heights decreased in R2.2, R2.0 and R1.8 samples leading to a *ciabatta* with a flat appearance.

An industry-wide salt reduction involves time and money. Salt reduction could affect the overall sensory profile and, by implication, the sale of the product (Dötsch et al., 2009). NaCl is cheap, and any

substitute used will, probably, increase the cost of the product. Finding a suitable salt replacement to maintain or enhance the flavor would require substantial effort and money being invested in research, development and consumer testing. The bread industry will need to evaluate all the functions of sodium in foods when addressing sodium chloride reduction (Liem et al., 2011).

The results of our study indicate that the PBFC volume decreases when the salt concentration is decreased; the height of the loaf decreases with salt reduction; loaf volume is decreased with a concomitant length and width increase.

The modification of shape and volume with respect to the control sample (R2.4) and the consequent flat appearance of PBFC R1.8 could be caused by a weak gluten network, which is unable to retain CO₂ during fermentation. So, when the product is baked, the structure cannot be maintained and collapses as a result (Ukai et al., 2008).

The salt concentration reduction produces a fragile gluten network incapable of withstanding protracted proofing. The structure of the bread collapses and the loaves become longer and wider and, consequently, flatter. With respect to customer preference, the critical dimensions for most breads are their length and height, with breadth being of lesser important (Cauvain, 2007).

Salt inhibits fermentation rate by decreasing the rate of carbonic gas production (Miller & Hosney, 2008) and, with long proofing times, the salt reduction produces a lower quantity of gas leading to decrease in loaf height. In our study, the industrial method of PBFC production was without restraining moulds and, hence, the

modifications of appearance characteristics was more pronounced than other partially-baked frozen bread types.

Farahnaky and Hill (2008) proposed solving the technological problems of reduced salt in bread by adding more water on the wheat flour dough. The effect of salt can be related to its hygroscopic characteristics of water absorption, compared to the flour. This increase in water is not possible for PBFC because the already high quantity of water is characteristic of the *ciabatta* recipe.

The effect of salt reduction is to produce changes in gluten hydration and to increase the amount of free and mobile water in the dough such that salt occupies the sites once occupied by the bound dough (Galal et al., 1978).

Working with the right blend of salt is important since salt can condition the gluten network development both from the standpoint of moisture in the dough and from the point of view of gas retention (Ukai et al. 2008).

Compared with the study of Girgis (2003) in which salt was reduced to 25%, in our study this level of salt reduction (i.e. the R1.8 recipe) resulted in the loaf that was least-preferred by the panelists. However, in our study it was possible to reduce the salt concentration to 16.6% (from 2.4% to 2.0%; w/w with flour) without affecting the panelists' preference.

Since individuals in the general population in Spain consume about 100 g of bread per day (MAGRAMA, 2011) and if *ciabatta* is the type consumed, then the intake of salt is 1.29g/100g from the R2.4 recipe. Our results indicated that the reduction in salt content to 2.0% (w/w with flour) maintains the typical organoleptic qualities of *ciabatta*

compared to the usual R2.4. The adverse commercial effect is low, while the health benefit can be considerable.

5. Conclusions

Salt reduction to 2.0% (the R2.0 recipe in our study) in PBFC preserves a typical sourdough flavor and maintains the appearance of PFBC, compared with R2.4. The R2.0 *ciabatta* provides 1g of NaCl per 100 g bread intake which translates into a 5% salt reduction from 1.29g/100g in the traditional *ciabatta* (the R2.4 recipe in our study), thus reducing salt intake towards the maximum recommended of 6 g NaCl/day.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge David Masferrer, Miquel Trafach and Arturo Bonet for their practical help with, and advice on, the industrial baking process.

Conflict of interest

None of the authors has any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations that could inappropriately influence, or be perceived to influence, the study.

Submission declaration

The work described has not been published previously, it is not under consideration for publication elsewhere, its publication is approved by all authors and, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

References

- AACC. American Association of Cereal Chemists. 1995. Approved Methods of the AACC, Method 54-30A, 9th ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación, 2010. Normas UNE. Análisis Sensorial. 2a edición. Madrid: AENOR.
- AESAN. Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2005. *Estrategia NAOS. Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y prevención de la Obesidad*. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid.
- Belz, M., Ryan, L. y Arendt, E. 2012. The impact of salt reduction in bread: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(6): 514-524.
- Cauvain, S., Young, L., 2007. *Technology of breadmaking*. 2nd ed. New York: Springer Science. 388 pp.
- Dötsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tereilus, E., Mueller, R. Merjer, G., 2009 Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(10): 841-851.

- Farahnaky, A., Hill, S.E., 2007. The effect of salt, water and temperature on wheat dough rheology. *Journal of Texture Studies*, 38(4): 499-510.
- Galal, A.M., Varrinao-Marston, E., Johnson, J.A., 1978. Rheological dough properties as affected by organic acids and salt. *Cereal Chemistry*, 55(5): 683-691.
- Girgis, S., Neal, B., Prescott, J., Prendergast, J., Dumbrell, S., Tumer, C., Woodward, M., 2003. A one-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57: 616-620.
- Guy, E.J., 1985. Effect of sodium chloride on sponge doughs and breads. *Cereal Foods World*, 30(9): 644-648.
- INCERHPAN, 2008. Hábitos y actitudes de los españoles ante el consumo de pan. Estudio de opinión. Madrid-Spain.
- Lawrence, G., Salles, C., Septier, C., Busch, J., Thomas-Danguin, T., 2009. Odour-taste interactions: a way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Quality and Preference*, 20: 241-248.
- Liem, D G, Miremadi, F., Keast, R, 2011. Reducing sodium in foods: the effect on flavor. *Nutrients*, 3, 694-711. Doi: 10.3390/nu3060694.
- Linko, P., Härkönen, H., Linko, Y., 1984. Effects of sodium chloride in the processing of bread baked from wheat, rye and barley flours. *Journal of Cereal Science*, 2, 53-62.
- Lynch, E.J, Dal Bello, F., Sheehan, E.M., Cashman, K.D., Arendt, E.K., 2009. Fundamental studies on the reduction of salt on dough

and bread characteristics. *Food Research International*, 42, 885-891.

MAGRAMA, 2011. Base de datos de consumo en hogares. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Rural, Madrid.

Matz, S.A., 1989. Salt. In: Matz S.A., *Technology of the materials of baking*. Texas-USA. Elsevier Science Publishers. p 122-141.

Miller, R.A., Hosney, R.C., 2008. Role of salt in baking. *Cereal Foods World*, 53: 4-6.

Mondal, A., Datta, A.K., 2008. Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering*, 86: 465-474.

Noort, M.W.J., Bult, J., Stieger, M., Hamer, R., 2010. Saltiness enhancement in bread by inhomogenous spatial distribution of sodium chloride. *Journal of Cereal Science*, 52: 378-386.

Pyler, E.J., 1982. *Baking. Science and Technology*. Volume I. Chicago. Siebel Publishing Company. 655 pp.

Susic, D., Frohlich, E.D., 2012. Salt consumption and cardiovascular renal and hypertensive diseases: clinical and mechanistic aspects. *Current Opinion on Lipidology*, 23(1):11-6.

Ukai, T., Matsumura, Y., Urade, R., 2008. Disaggregation and reaggregation of gluten proteins by sodium chloride. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 1122-1130.

Highlights

- Salt (NaCl) reduction in bread production could achieve salt intake targets.
- Taste is preserved when salt content is reduced from standard 2.4% to test 2%.
- Further salt reduction adversely affects physical characteristics of the loaf.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN EL ASPECTO Y EL SABOR DEL PAN PRECOCIDO CONGELADO

Anna Vila Martí

DL: T. 989-2013