



Universitat de Lleida

Mejora de las características tecnológicas y de los perfiles sensorial y nutricional de un producto de panificación mediante la formulación con aceite de oliva virgen

Maria Teresa Gimeno Montoya

Dipòsit Legal: L.279-2013

<http://hdl.handle.net/10803/109210>



Mejora de las características tecnológicas y de los perfiles sensorial y nutricional de un producto de panificación mediante la formulación con aceite de oliva virgen està subjecte a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 3.0 No adaptada de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

(c) 2013, Maria Teresa Gimeno Montoya



UNIVERSITAT DE LLEIDA
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària
Departament de Tecnologia d'Aliments



INNOPAN
Centro de Difusión Tecnológica del Sector
Panadero

**MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS
TECNOLÓGICAS Y DE LOS PERFILES
SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE UN PRODUCTO
DE PANIFICACIÓN MEDIANTE LA
FORMULACIÓN CON ACEITE DE OLIVA VIRGEN**

Maria Teresa GIMENO MONTOYA

Tesis Doctoral
Noviembre de 2012

Tesis Doctoral

Mejora de las características tecnológicas y de los perfiles sensorial y
nutricional de un producto de panificación mediante la formulación
con aceite de oliva virgen

Maria Teresa GIMENO MONTOYA

Lleida, Noviembre 2012

Directoras de la tesis

Dra. María José Motilva Casado

Universitat de Lleida

Departament de
Tecnologia d'Aliments

Dra. Mónica Elía Martínez

Innopan

Centro de Difusión
Tecnológica del Sector Panadero

Este trabajo se ha realizado en Innopan, el Centro de Difusión Tecnológica del Sector Panadero, ubicado en el Parque Científico y Tecnológico Agroalimentario de Lleida, dentro del programa de Doctorado: Ciencia y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Parte de los estudios se han realizado en el laboratorio del Grupo de Antioxidantes del Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de la Universidad de Lleida.

Para su realización se ha contado con el apoyo de AGAUR (*Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca*) y ACCIÓ (*Agència Catalana de Recolzament a la Competitivitat de l'Empresa*).

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a los directores de esta tesis, la Dra. M. José Motilva y la Dra. Mónica Elía, que me han animado y han velado para que el resultado de este trabajo fuera satisfactorio. Porque me consta que para ambas la tutelación de este trabajo no siempre ha sido una tarea fácil, suponiendo tener que dedicar horas personales para que hoy pueda presentar este trabajo.

Al personal de los laboratorios del Departamento de Tecnología de los Alimentos, a Gemma Charles y Xenia Borràs, por acogerme siempre con toda su amabilidad y generosidad, ayudarme a solucionar todas mis dudas y ofrecerme su apoyo. Y especialmente, a Aida Serra, siempre dispuesta a echarme una mano y ofrecerme su amistad.

A Manel Llaràs, presidente del *Gremi de Forners de les Terres de Lleida*, por ser de vital ayuda durante las primeras fases del trabajo, entregarse a él y ofrecerme sus instalaciones para conocer de primera mano los procesos de elaboración de distintos productos de panificación.

A todos los panaderos que me han ofrecido su conocimiento y experiencia, elementos imprescindibles en el sector panadero, y que me han ayudado a entender un poco más los procesos de elaboración de los productos de panificación.

Muy especialmente al panel de catadores de Innopan, que sesión tras sesión han contribuido a los resultados de esta tesis, con total profesionalidad y objetividad. Sin ellos los resultados de este trabajo hubieran estado

incompletos, convirtiéndose en una herramienta imprescindible para su desarrollo.

A las harineras que han facilitado la materia prima necesaria para desarrollar las pruebas de panificación y que han permitido el desarrollo del trabajo sin limitaciones.

A los amigos y familiares que siempre me han animado a seguir con este trabajo y me han alentado a llevarlo a cabo.

A mis padres, German y Montse, que siempre han confiado en mí y me han hecho sentir imparable, sin ellos no sería quien soy ni habría llegado donde estoy. A sus consejos y, especialmente, al amor que siempre me han dado.

A mi hermana, Caterina, por ser un ejemplo para mí, por enseñarme a valorar las cosas realmente importantes de la vida y por ayudarme, aunque inconscientemente, a terminar este trabajo.

A mi sobrina y sobrinos, que con sus sonrisas me han animado en los momentos más difíciles que han transcurrido a lo largo de estos tres años.

Muy especialmente a Xavi, que me ha apoyado des del inicio de este camino. Por recordarme día tras día lo que debo hacer, por las horas que ha dedicado a escucharme, por sus palabras, ánimos y afecto y por estar siempre, siempre, a mi lado.

Resumen

El pan forma parte de la alimentación humana desde hace muchos siglos, constituyendo uno de los alimentos de mayor frecuencia de consumo y en mayores cantidades. Es lógico que tras tanto tiempo de historia existan muchas variedades de pan: en España, por ejemplo, hay documentadas más de 315 variedades. Sin embargo, aunque la calidad nutritiva de los cereales que se utilizan para la elaboración de los productos de panadería está bien estudiada, son pocos los productos de este grupo caracterizados nutricionalmente. En la primera parte de esta tesis doctoral se ha llevado a cabo el análisis de composición básica de 16 productos de panadería y bollería tradicionales de la provincia de Lleida. Los resultados obtenidos indican que existe una gran variabilidad en la composición nutricional de los productos estudiados, derivada de las materias primas utilizadas, de su formulación y de los procesos de elaboración.

La segunda parte de la tesis se ha centrado en la mejora de las propiedades tecnológicas y de los perfiles nutricional y sensorial del pan a través de la incorporación de aceite de oliva virgen como ingrediente. A pesar del interés que está despertando el aceite de oliva virgen en las últimas décadas, su uso en panificación no es frecuente y sus efectos no están definidos. Por este motivo es necesario estudiar el efecto de la adición de distintos niveles de aceite de oliva virgen (0-75%) sobre las propiedades físico-químicas y reológicas de la masa panaria, y sus efectos sobre el producto final en términos de volumen específico, perfil sensorial y composición nutricional. Las masas elaboradas con porcentajes altos de aceite de oliva virgen han mostrado menor extensibilidad y capacidad de fermentación en comparación con la fórmula control, a la vez que han mostrado valores superiores de acidez y temperatura. Los panes elaborados con 4%, 10% y 20% de aceite de oliva virgen han mostrado buenas propiedades reológicas; sin embargo únicamente los dos primeros han sido aceptados sensorialmente. A partir de los resultados nutricionales se ha calculado la contribución a las ingestas diarias recomendadas (IDR) de macronutrientes mediante el consumo de la cantidad diaria recomendada de pan en España. Los panes elaborados con un 4% y 10% de aceite de oliva contribuyen en un 32,06-35,35% de la IDR para proteínas, 51,56-48,23% de la IDR para hidratos de carbono y 20,62-22,74% de la IDR para lípidos, respectivamente.

La tercera parte de la tesis se ha centrado en mejorar el contenido fenólico del pan elaborado con un 10% de aceite de oliva virgen, para lo que se ha establecido el procedimiento de extracción y cuantificación de compuestos fenólicos de una matriz panaria. Además se ha estudiado la mejor combinación temperatura-tiempo-formato de cocción del producto para minimizar la pérdida de compuestos fenólicos y maximizar la preservación del contenido fenólico inicial. Con la finalidad de aumentar el contenido en fenoles se han ensayado 5 alternativas de fuentes de fenoles. A partir del análisis sensorial y de la cuantificación de fenoles, el pan formulado con aceite de oliva *Arbequina* enriquecido en compuestos fenólicos ha sido escogido como el producto finalista.

Resum

El pa forma part de l'alimentació humana des de fa mols segles, constituint un dels aliments de major freqüència de consum i en quantitats majors. És lògic, per tant, que després de tant temps d'història existeixin moltes varietats de pa: a Espanya, per exemple, hi ha documentades més de 315 varietats. Tot i que la qualitat nutritiva dels cereals que s'utilitzen per l'elaboració dels productes flequers està ben estudiada, són pocs els productes d'aquest grup caracteritzats nutricionalment. A la primera part d'aquesta tesi doctoral s'ha portat a terme l'anàlisi de composició bàsica de 16 productes flequers i de brioixeria tradicionals de la província de Lleida. Els resultats obtinguts indiquen que existeix una gran variabilitat a la composició nutricional dels productes estudiats, derivada de les matèries primeres utilitzades, de la seva formulació i dels processos d'elaboració.

La segona part de la tesi s'ha centrat en la millora de les propietats tecnològiques i dels perfils nutricional i sensorial del pa a través de la incorporació d'oli d'oliva verge com a ingredient. Tot i l'interès que ha despertat l'oli d'oliva verge durant les últimes dècades, el seu ús en panificació no és freqüent i els seus efectes no estan definits. Per aquest motiu és necessari estudiar l'efecte de l'addició de diferents nivells d'oli d'oliva verge (0-75%) sobre les propietats fisicoquímiques i reològiques de la massa de pa y els efectes sobre el producte final en termes de volum específic, perfil sensorial i composició nutricional. Les masses elaborades amb percentatges alts d'oli d'oliva verge han mostrat una menor extensibilitat i menor capacitat de fermentació en comparació amb la fórmula control, alhora que han mostrat valors superiors d'acidesa i temperatura. Els pans elaborats amb 4%, 10% i 20% d'oli d'oliva verge han mostrat bones propietats reològiques; no obstant, únicament els dos primers han estat acceptats sensorialment. A partir dels resultats nutricionals s'ha calculat la contribució a les ingestes diàries recomanades (IDR) de macronutrients mitjançant el consum de la quantitat diària recomanada de pa a Espanya. Els pans elaborats amb un 4% i 10% d'oli d'oliva contribueixen en un 32,06-35,35% de la IDR per a proteïnes, 51,56-48,23% de la IDR per a hidrats de carboni i 20,62-22,74% de la IDR per a lípids, respectivament.

La tercera part de la tesi s'ha centrat en millorar el contingut fenòlic del pa elaborat amb un 10% d'oli d'oliva verge, per això ha estat necessari establir el procediment d'extracció i quantificació de compostos fenòlics d'una matriu de pa. A més s'ha estudiat la millor combinació temperatura-temps-format de cocció del producte per a minimitzar la pèrdua de compostos fenòlics i maximitzar la preservació del contingut fenòlic inicial. Amb la finalitat d'augmentar el contingut en fenols s'han assajat 5 alternatives de fonts de fenols. A partir de l'anàlisi sensorial i de la quantificació de fenols, el pa formulat amb oli d'oliva *Arbequina* enriquit en compostos fenòlics ha estat l'escollit com a producte finalista.

Abstract

The bread is part of the human diet for centuries, constituting one of the foods with a larger frequency of consumption and in greater amounts. So it is logical that after so long history a lot of bread varieties exist: in Spain, for example, there are over 315 documented varieties. However, although nutritive quality of cereals used to elaborate baked products is well studied, a few products of this group are characterized nutritionally. In the first part of this doctoral thesis the basic composition analysis of 16 baked and pastry traditional products of Lleida province has been carried out. The obtained data indicates that there is a great variability in the nutritional composition of the studied products, which is derived of raw materials used, of their formulation and manufacturing processes.

The second part of the thesis has been focused on the improvement of technological properties and of nutritional and sensorial profiles of bread through the addition of virgin olive oil as ingredient. In spite of the interest created by virgin olive oil the last decades, its use in bakery is not usual and its effects are not defined. For this reason is necessary to study the effect of addition of different levels of virgin olive oil (0-75%) on physiochemical and rheological properties of bread dough, and its effects on final product in terms of specific volume, sensory profile and nutritional composition. Doughs developed with higher percentages of virgin olive oil showed lower extensibility and poorer fermentation capacities in comparison with control together with an increase in acidity and dough temperature. Bread made with 4%, 10% and 20% of virgin olive oil showed good rheological properties, but only the first two were considered acceptable from sensory analyses. Nutritional analysis data were used to estimate the intakes of macronutrients from recommended daily bread intake in Spain and compare them to the Recommended Daily Allowances (RDAs). It was estimated that 4% and 10% olive oil breads would contribute 32.06 - 35.35% of the protein, 51.56 - 48.23% of the carbohydrate, and 20.62 - 22.74% of the fat to the corresponding RDAs.

The third part of the thesis has been focused on improving the phenolic content of the bread made with 10% of virgin olive oil; to achieve it, establishing the phenolic compounds extraction and quantification procedure of a bread matrix has been necessary. Furthermore the best combination temperature-time-format of product baking to minimize the lost of phenolic compounds and maximize the preservation of initial phenolic content has been studied. In order to increase the phenolic content, 5 phenol alternative sources have been tested. From sensory analyses and phenolic quantification, the bread formulated with *Arbequina* olive oil enriched with phenolic compounds has been chosen as finalist product.

ÍNDICE

1. Lista de abreviaciones.....	16
2. Índice de tablas	20
3. Índice de figuras	26
4. Aportaciones científicas derivadas del trabajo de tesis doctoral	30
5. Introducción	34
5.1. Definición y clasificación del pan	35
5.2. El subsector panadero en España.....	38
5.3. El consumo de pan en España	39
5.4. Composición y valor nutricional del pan	41
5.4.1. Energía.....	41
5.4.2. Hidratos de carbono	42
5.4.3. Fibra	43
5.4.4. Proteínas	44
5.4.5. Lípidos.....	44
5.4.6. Vitaminas.....	45
5.4.7. Minerales.....	45
5.5. El proceso de panificación	47
5.5.1. Amasado	47
5.5.2. Reposo en bloque	48
5.5.3. División y pesaje	48
5.5.4. Heñido o boleado	49
5.5.5. Reposo en bola	49
5.5.6. Formado	49
5.5.7. Fermentación	49
5.5.8. Greñado	52
5.5.9. Cocción	52
5.6. El aceite de oliva virgen y su importancia en la dieta	53

5.6.1. Tipos de aceites de oliva.....	53
5.6.2. Composición del aceite de oliva virgen.....	55
5.6.3. Los compuestos fenólicos del aceite de oliva virgen	56
5.6.4. Denominaciones de Origen Protegidas de aceite de oliva virgen	61
6. Antecedentes.....	66
6.1. El uso de aceites y grasas en panificación	67
6.2. Tendencia de los alimentos funcionales en panadería.....	68
7. Hipótesis.....	72
8. Objetivos.....	76
8.1. Objetivo global	77
8.2. Objetivos específicos.....	77
9. Materiales y métodos	80
9.1. Identificación y caracterización nutricional de productos de panadería y bollería tradicionales de la provincia de Lleida	81
9.1.1. Selección de productos	81
9.1.2. Muestreo y recopilación de información.....	81
9.1.3. Análisis nutricional.....	83
9.1.4. Elaboración de fichas individuales	84
9.1.5. Tratamiento estadístico	85
9.2. Definición de la concentración óptima de trabajo de aceite de oliva virgen en una matriz panaria	85
9.2.1. Estudios previos	85
9.2.2. Definición de las especificaciones del producto: formulación y tecnología de panificación.....	86
9.2.2.1. Análisis de los ingredientes	86
9.2.2.2. Evaluación tecnológica de las masas panarias formuladas con aceite de oliva virgen	88
9.2.2.2.1. <i>Evaluación físico-química</i>	88
9.2.2.2.2. <i>Evaluación reológica</i>	88
9.2.2.3. Pruebas de panificación en planta piloto y valoración del producto.....	89

Índice

9.2.2.3.1. Pruebas de panificación.....	89
9.2.2.3.2. Evaluación sensorial de los productos obtenidos en planta piloto.....	92
9.2.2.4. Prueba y valoración de los productos finalistas.....	96
9.2.2.4.1. Análisis nutricional	97
9.2.2.4.2. Análisis sensorial	97
9.2.2.4.3. Análisis de volumen	99
9.3. Desarrollo de un producto panario enriquecido en compuestos fenólicos del aceite de oliva	99
9.3.1. Puesta a punto del método de análisis del contenido de fenoles totales en una matriz panaria	99
9.3.2. Optimización del formato y del proceso de horneado	100
9.3.3. Estrategias de incremento del contenido fenólico en pan elaborado con aceite de oliva mediante la incorporación a la fórmula de extractos fenólicos.....	101
10. Resultados.....	106
10.1. Estudio y caracterización nutricional de productos de panadería y bollería tradicionales de la provincia de Lleida	107
10.1.1. Fichas descriptivas individuales	107
10.1.2. Análisis comparativo de los productos	124
10.2. Justificación de la elección del producto de panadería a reformular	128
10.3. Definición de la concentración óptima de trabajo de aceite de oliva virgen en una matriz panaria	129
10.3.1. Estudios previos	129
10.3.1.1. Patentes.....	129
10.3.1.2. Elección de la harina	133
10.3.1.3. Elección del aceite de oliva	134
10.3.1.3. Estudio de mercado.....	135
10.3.2. Definición de las especificaciones del producto: formulación y técnica.....	137
10.3.2.1. Formulación	137

10.3.2.2. Evaluación fisicoquímica y reológica de las masas panarias con aceite de oliva	138
10.3.3. Pruebas de panificación en planta piloto y valoración del producto	142
10.4. Análisis de los panes seleccionados	145
10.4.1. Evaluación sensorial de los panes	145
10.4.2. Volumen de los panes	149
10.4.3. Composición nutricional de los panes	150
10.5. Desarrollo de un producto panario enriquecido en compuestos fenólicos del aceite de oliva	152
10.5.1. Puesta a punto del método de análisis del contenido de fenoles totales en una matriz panaria	152
10.5.2. Optimización del formato y del proceso de horneado	153
10.6. Estrategias de incremento del contenido fenólico en un panecillo elaborado con un 10% de aceite de oliva	154
10.6.1. Elaboración de panes con distintas fuentes de polifenoles....	154
10.6.2. Evaluación sensorial de los panes elaborados con distintas fuentes de fenoles	156
10.7. Caracterización del producto finalista	159
11. Conclusiones	162
12. Bibliografía.....	168
<u>ANEJO</u>	180

1. LISTA DE ABREVIACIONES

Lista de abreviaciones

ABREVIACIONES	SIGNIFICADO
RTS	Reglamentación Técnico-Sanitaria
Ceopan	Confederación Española de Organizaciones de Panadería
MAGRAMA	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
PIME	Pequeña y Mediana Empresa
Kcal	Kilocaloría
ÁGS	Ácidos grasos saturados
ÁGM	Ácidos grasos monoinsaturados
ÁGP	Ácidos grasos poliinsaturados
OMS	Organización Mundial de la Salud
IDR	Ingesta Diaria Recomendada
CF	Compuestos fenólicos
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
DOP	Denominación de Origen Protegida
BOE	Boletín Oficial del Estado
EPA	Ácido eicosapentaenoico
DHA	Ácido docosahexaenoico
MH	Masa húmeda
HC	Hidratos de carbono
FU	Unidades Farinográficas
rpm	Revoluciones por minuto
IGP	Indicación Geográfica Protegida
ETG	Especialidad Tradicional Garantizada
s.s.s.	Sobre materia seca
u.a.	Unidades amilográficas
N.E.	No especificado

2. ÍNDICE DE TABLAS

Índice de tablas

TABLAS	INTRODUCCIÓN	Página
Tabla 1	Datos de consumo de pan en España de enero de 2011 hasta diciembre de 2011.	40
Tabla 2	Composición nutricional de distintos tipos de panes por 100 g de producto.	42
Tabla 3	Ingesta diaria recomendada (IDR) de vitaminas y minerales.	46
Tabla 4	Principales características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo.	54
Tabla 5	Composición de la fracción no saponificable del aceite de oliva.	55
Tabla 6	Clasificación de los compuestos fenólicos en función de la estructura química básica propuesta por Harborne.	56

TABLAS	MATERIALES Y MÉTODOS	Página
Tabla 7	Metodología aplicada en la evaluación sensorial.	92
Tabla 8	Atributos evaluados en la evaluación sensorial.	93
Tabla 9	Hoja de cata utilizada durante la evaluación sensorial de los panes elaborados con distintas concentraciones de aceite de oliva.	95
Tabla 10	Hoja de cata utilizada durante la evaluación sensorial de los productos finalistas.	98
Tabla 11	Formatos y temperatura ensayados en la optimización del proceso.	101
Tabla 12	Hoja de cata utilizada durante la evaluación sensorial de los prototipos ensayados para aumentar el contenido fenólico.	104

TABLAS	RESULTADOS	Página
Tabla 13	Peso de ración establecido para cada uno de los productos estudiados.	107
Tabla 14	Ficha técnica del Pan de los Templarios.	108
Tabla 15	Ficha técnica del Pan de caracol.	109
Tabla 16	Ficha técnica de las <i>Orelletes</i> .	110
Tabla 17	Ficha técnica de la Coca de panadero.	111
Tabla 18	Ficha técnica del Pan de nueces.	112
Tabla 19	Ficha técnica del Pan de aceite.	113

Tabla 20	Ficha técnica del <i>Pa de pagès</i> .	114
Tabla 21	Ficha técnica del Llonguet.	115
Tabla 22	Ficha técnica del Pan de <i>Torró d'Agramunt</i> .	116
Tabla 23	Ficha técnica de la Coca de huevo.	117
Tabla 24	Ficha técnica de la Coca de pan.	118
Tabla 25	Ficha técnica de las Galletas de La Noguera Pallaresa.	119
Tabla 26	Ficha técnica de los <i>Panadons</i> de espinacas.	120
Tabla 27	Ficha técnica del <i>Pa de ronyó</i> .	121
Tabla 28	Ficha técnica del Pan de Cerveza San Miguel®.	122
Tabla 29	Ficha técnica de la Coca de <i>recapte</i> .	123
Tabla 30	Autovalores de la matriz de correlación (SAS Enterprise Guide V2).	124
Tabla 31	Autovectores del análisis de componentes principales (SAS Enterprise Guide V2).	124
Tabla 32	Comparativa de la composición nutricional de los 16 productos estudiados.	125
Tabla 33	Agrupación de productos según aportación energética por ración.	127
Tabla 34	Patentes que relacionan aceite de oliva y productos de panadería.	129
Tabla 35	Ejemplo de patentes que relacionan aceite y productos de panadería.	131
Tabla 36	Especificaciones técnicas de la harina utilizada en el desarrollo del pan con aceite de oliva.	133
Tabla 37	Parámetros de calidad del aceite de oliva D.O.P. Les Garrigues.	134
Tabla 38	Productos base harina elaborados con algún tipo de aceite y comercializados en Lleida.	135
Tabla 39	Parámetros químico-reológicos de la harina utilizada y parámetros de calidad del agua utilizada.	137
Tabla 40	Temperatura y pH de las masas con distintos porcentajes de aceite de oliva.	138
Tabla 41	Tiempos de fermentación establecidos para cada ensayo durante las pruebas de panificación.	142
Tabla 42	Variables aplicadas al proceso de panificación de una masa panaria con un 15% de aceite de oliva (en base al total de líquido).	143
Tabla 43	Efecto de la incorporación de aceite de oliva en la evaluación sensorial de los panes.	148
Tabla 44	Efecto del aceite de oliva sobre los parámetros de volumen.	149
Tabla 45	Efecto del aceite de oliva en la composición nutricional de los panes.	150
Tabla 46	Contribución de los panes elaborados con aceite de oliva a la ingesta de macronutrientes recomendada a partir del	151

Índice de tablas

Tabla 47	consumo diario recomendado de pan (220 g). Contenido fenólico total en extractos preparados a partir de 1 y 2 gramos de muestra.	152
Tabla 48	Contenido fenólico total del pan control (0% aceite oliva) y de los panes elaborados con un 4% y 10% de aceite de oliva.	153
Tabla 49	Contenido fenólico total de los tres prototipos cocidos a 165°C.	154
Tabla 50	Formulaciones ensayadas para incrementar el contenido fenólico a partir de distintas fuentes de fenoles.	155
Tabla 51	Contenido fenólico de los panes elaborados con distintas fuentes de polifenoles.	155
Tabla 52	Agrupación de medias para los atributos significativamente distintos.	158

3. ÍNDICE DE FIGURAS

Índice de figuras

FIGURAS	INTRODUCCIÓN	Página
Figura 1	Reacción seguida por el 90% de los azúcares durante la fermentación alcohólica.	50
Figura 2	Reacciones secundarias durante la segunda etapa de fermentación.	52
Figura 3	Estructura básica de los compuestos fenólicos	56
Figura 4	Estructura de algunos de los principales ácidos fenólicos y derivados de la oliva y del aceite de oliva.	59
Figura 5	Estructura de la luteolina y apigenina.	59
Figura 6	Estructura de algunos de los principales secoiridoides de la oliva y del aceite de oliva.	60

FIGURAS	MATERIAL Y MÉTODOS	Página
Figura 7	Situación de los obradores de muestreo.	83
Figura 8	Medición de pH en masa.	88
Figura 9	Detalle de la ficha de registro de planta piloto.	91

FIGURAS	RESULTADOS	Página
Figura 10	Pan de los Templarios.	108
Figura 11	Pan de caracol.	109
Figura 12	<i>Orelletes</i> .	110
Figura 13	Coca de panadero.	111
Figura 14	Pan de nueces.	112
Figura 15	Pan de aceite.	113
Figura 16	<i>Pa de pagès</i> .	114
Figura 17	<i>Llonguet</i> .	115
Figura 18	<i>Pa de Torró d'Agramunt</i> .	116
Figura 19	Coca de huevo.	117
Figura 20	Coca de pan.	118
Figura 21	Galletas de <i>La Noguera Pallaresa</i> .	119
Figura 22	<i>Panadons</i> de espinacas.	120
Figura 23	<i>Pa de ronyó</i> .	121
Figura 24	Pan de cerveza <i>San Miguel®</i> .	122
Figura 25	Coca de <i>recapte</i> .	123
Figura 26	Trazado de componentes principales (SAS Enterprise Guide V2).	126
Figura 27	Extensogramas de las masas ensayadas después de: a)	139

	45 minutos de reposo, b) 90 minutos de reposo y c) 135 minutos de reposo.	
Figura 28	Curvas típicas de desarrollo de las masas elaboradas con distintos porcentajes de aceite de oliva.	141
Figura 29	Altura máxima alcanzada por las masas elaboradas con distintos porcentajes de aceite de oliva.	142
Figura 30	Aspecto de las piezas elaboradas con un 15% de aceite de oliva (en base al líquido total) en distintas etapas de los procesos aplicados.	144
Figura 31	Gráfico de araña resultante de la evaluación sensorial de los productos finalistas (elaborados con 4% y 10% de aceite de oliva) comparados con un control (pan elaborado con 0% de aceite de oliva).	146
Figura 32	Gráficos de araña resultantes de la evaluación sensorial de los productos elaborados con distintas fuentes de fenoles.	156
Figura 33	Aspecto del producto finalista.	160

4. APORTACIONES CIENTÍFICAS DERIVADAS DEL TRABAJO DE TESIS DOCTORAL

Aportaciones científicas derivadas del trabajo de tesis doctoral

En el transcurso de la presente tesis doctoral, a partir de la metodología aplicada y resultados obtenidos, se ha realizado la siguiente publicación científica.

Gimeno, M.T., Motilva, M.J., Elía, M. Effects of the addition of olive oil on the technological, sensory and nutritional properties of bread. 2012. Food Chemistry (en revisión).

Además, se han realizado dos publicaciones en revistas de divulgación, concretamente en la edición de monográficos dedicados a panadería:

Gimeno, M.T., Sanmartín, A., Elía, M., García-Agulló, A. 2011. Valoración tecnológica de masas panarias con aceite de oliva. Alimentaria. Investigación, tecnología y seguridad, 240, pp. 68-72.

Gimeno, M.T., Elía, M., Motilva, M.J. 2010. Interés de la caracterización nutricional de productos de panadería. Alimentaria. Investigación, tecnología y seguridad, 413, pp. 55-58.

Asimismo, algunos de los resultados del trabajo de tesis han sido expuestos públicamente:

Gimeno, M. T., Elía, M. 2010. Development of a new olive oil bread guided by an expert panel. 4th European Sensory Analyses and Consumer. A Sense of Quality. Palacio de Congresos de Vitoria-Gasteiz. (Anejo).

Gimeno, M.T. 2009. Estudio y caracterización nutricional de los productos típicos de panadería de la provincia de Lleida. Innopan, Lleida.

Gimeno, M.T., Elía, M. 2011. Pan con aceite de oliva de alto valor tecnológico y funcional. Taller debate "La cadena de valor alimentaria del pan". Fundación Foro Agrario. Madrid.

5. INTRODUCCIÓN

Introducción

5.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL PAN

El pan es el producto alimentario elaborado mediante la mezcla de harina, agua, levadura y sal, en unas proporciones concretas. Esta mezcla es amasada, fermentada y cocida al horno.

El origen del pan se remonta al Neolítico, situándose entre 6.000 y 9.000 años atrás. De hecho, el pan, como principal alimento derivado del trigo, ha sido el mejor aliado de diferentes civilizaciones para vencer el hambre.

El Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española recoge nueve definiciones, de entre las cuales es importante destacar:

“Porción de masa de harina, por lo común de trigo, y agua que se cuece en un horno y sirve de alimento”

Esta definición es muy general, siendo necesaria una definición más completa y detallada. En el Artículo 2 de la Reglamentación Técnico-Sanitaria (Real Decreto 1137/84, de 28 de marzo) para la fabricación, circulación y comercialización de pan y panes especiales se define al pan como:

“Producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo y agua potable, con o sin adición de sal comestible, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria”.

A partir de esta definición, la RTS establece tres categorías de productos: el pan común, el pan especial y los productos semielaborados.

Pan común (artículo 3): es el definido en el artículo 2, de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo y que cumple los requisitos establecidos en el artículo 14 y al que únicamente pueden añadirse coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados para este tipo de pan. (El artículo 14 establece que las materias primas harina, agua, levadura y sal tienen que cumplir con lo establecido en sus respectivas y vigentes RTS).

Pan especial (artículo 4): es aquel no incluido en el artículo 3 y que reúne alguna de las condiciones siguientes:

- Incorporación de cualquier aditivo y/o coadyuvante tecnológico de panificación, autorizados para panes especiales, tanto a la masa panaria como a la harina.
- Utilización de harina enriquecida como materia prima.
- Adición de cualquier ingrediente de los citados en el artículo 15 y que eleven suficientemente su valor nutritivo.
- No incorporación de microorganismos propios de la fermentación, voluntariamente añadidos.

Los ingredientes que se citan en el artículo 15 y que es posible añadir al pan especial son: gluten de trigo seco o húmedo, salvado o grañones; leche entera, concentrada, condensada, en polvo, total o parcialmente desnatada o suero en polvo; huevos frescos, refrigerados, conservados u ovoproductos; harinas de leguminosas (soja, habas, guisantes, lentejas y judías) en cantidad inferior al 3% en masa de harina empleada sola o mezclada; harinas de malta o extracto de malta, azúcares comestibles y miel; grasas comestibles; cacao, especias y condimentos; pasas, frutas u otros vegetales naturales, preparados o condimentados.

Productos semielaborados (artículo 4.bis), se clasifican en:

- *Pan precocido*: es la masa definida en los artículos 2, 3 y 4, pero con la cocción interrumpida antes de llegar a su finalización, siendo sometida posteriormente a un proceso de congelación o a cualquier otro proceso de conservación autorizado.
- *Masa congelada*: es la masa definida en los artículos 2, 3 y 4 que, habiendo o no sido fermentada y habiendo o no sido formada la pieza, ha sido congelada posteriormente.
- *Otras masas semielaboradas*: son las definidas en los artículos 2, 3 y 4 que, habiendo o no sido fermentadas y habiendo o no sido formadas las piezas, han sido sometidas posteriormente a un proceso de conservación autorizado, distinto a la congelación, de tal manera que se inhiba, en su caso, el proceso de fermentación.

Hasta finales de 1980, en España, los tipos de panes que existían eran el pan común y el pan especial. No obstante, a partir de la década de los 90 la aplicación de tecnologías de refrigeración y congelación fue ganando importancia. Estas técnicas permitieron interrumpir el proceso de elaboración del pan en alguna de sus etapas intermedias y dio lugar a los productos semielaborados, que actualmente representan el 50% del mercado de pan español.

Tanto el pan común como el pan especial se clasifican en diferentes categorías, definidas en la RTS. Es importante destacar que los productos semielaborados, una vez finalizado su proceso de elaboración (finalizando por completo su cocción y siendo aptos para consumo), se clasifican en alguna de las variedades de pan común o especial definidas en la RTS:

Clasificación del pan común (artículo 6):

- *Pan bregado, de miga dura, español o candeal*: es el obtenido mediante elaboración en la que es indispensable el uso de cilindros refinadores. Se consideran pan común todas las variedades regionales elaboradas a partir de una masa de pan candeal, con las distintas denominaciones que cada una adopta, como la telera, el lechuguino, la fabiola y el pan de cruz.

Introducción

- *Pan de flama o de miga blanda*: es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y que no requiere normalmente el refinado con cilindros. Se consideran panes de flama todas aquellas especialidades regionales y otras como la baguette, la chapata, el pan francés, el pan de payés, el gallego y todas las existentes elaboradas a partir de una masa de pan de flama, con las distintas denominaciones que cada una adopta.

Clasificación del pan especial, a título enunciativo y no limitativo (artículo 7):

- *Pan integral*: es el elaborado con harina integral.
La RTS para la fabricación de harinas, en su artículo 2.5, define la harina integral como el producto resultante de la molienda del grano de trigo, maduro, sano y seco, industrialmente limpio, sin separación de ninguna parte de él, es decir, con un grado de extracción del 100%.
- *Pan con grañones*: es el elaborado con harina integral a la que se han añadido grañones (sémola de trigo cocida) convenientemente tratados.
- *Pan de Viena y pan francés*: es el pan de flama elaborado a base de masa blanda, entre cuyos ingredientes deben figurar, además de los básicos, azúcares, leche o ambos a la vez, en la cantidad suficiente para una buena práctica de fabricación.
- *Pan tostado*: es el que, después de su cocción, es cortado a rebanadas y sometido a tostado y envasado.
- *Biscote*: es el que, después de su cocción en moldes con tapa, es cortado en rebanadas y sometido a tostado y envasado.
- *Colines*: son los fabricados con una masa panaria que contiene la cantidad suficiente de grasa para una buena práctica de fabricación, laminada, cortada en cilindros, fermentada y horneada.
- *Pan de otro cereal*: es aquel en el que se utiliza harina de trigo mezclada con otro cereal en una proporción mínima del 51% y recibe el nombre de pan de este último cereal.
- *Pan enriquecido*: es aquel en cuya elaboración se han incorporado harinas enriquecidas o en el que se han añadido sustancias enriquecedoras, según lo establecido en la legislación vigente.
- *Pan de molde o americano*: es aquel que tiene una ligera corteza banda y que para su cocción ha sido introducido en molde.

- *Pan rallado*: es el producto resultante de la trituración industrial del pan. Se prohíbe fabricarlo con restos de pan procedentes de establecimientos de consumo.

Por razones de sus ingredientes adicionales, además de su forma externa o el procedimiento de su elaboración son también panes especiales los siguientes: pan bizcochado, pan dulce, pan de frutas, palillos, bastones, grisines, pan ácimo y otros.

Es importante destacar la existencia de algunas denominaciones de venta que se pueden encontrar en los establecimientos panaderos y que están reguladas por Reglamentos específicos del Parlamento, del Consejo y de la Comisión de la Unión Europea. Algunos de estos ejemplos son el pan "sin sal", "con muy bajo contenido en sal", "con bajo contenido de sal", "alto contenido en fibra", "fuente de fibra", "sin gluten".

5.2. EL SUBSECTOR PANADERO EN ESPAÑA

El subsector panadero ocupa una posición destacada en la industria alimentaria española, representando una parte importante de la economía nacional. Está compuesto por un total de 179.301 empresas, de las cuales 15.080 (8,41%) se dedican a la fabricación y 164.221 (91,59%) se dedican a la comercialización. Supone un tercio de todas las empresas del sector de la alimentación y bebidas y, en muchos casos, es la única industria que hay en muchos pueblos rurales.

En España, según datos del 2010 de Ceopan (Confederación Española de Organizaciones de Panadería), las empresas relacionadas con la panadería, pastelería y galletas representan alrededor del 44% de la industria alimentaria, siendo el subsector que ocupa una mayor proporción. La mayoría de las empresas panaderas son pequeñas y medianas empresas (PIMEs), siendo más del 90% microempresas con menos de 10 trabajadores.

El subsector panadero ocupa a 336.811 trabajadores, 120.338 en fabricación y 216.473 en comercialización. Según datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), es el subsector de la industria alimentaria que más recursos humanos dedica, un 27,79% del total.

Respecto a las cifras de ventas, representa un 8% de la industria de la alimentación y bebidas (4.971 millones de euros). Este subsector genera una cifra de valor agregado bruto de 2.027 millones de euros, siendo el subsector de la industria de la alimentación y bebidas que más valor agregado genera.

5.3. EL CONSUMO DE PAN EN ESPAÑA

El pan, conjuntamente con otros alimentos frescos, se encuentra entre los productos con más demanda en los hogares españoles, siendo el producto con mayor frecuencia de compra y de consumo. Según datos del MAGRAMA de 2011, cada español consume aproximadamente 46 kg de pan al año, gastando en este producto unos 116 euros anuales.

Estos datos, no obstante, no son nada positivos ya que durante los últimos años se está produciendo un progresivo descenso en el consumo per cápita de este producto. En el año 1987, por ejemplo, cada español consumía más de 65 kg de pan al año, y en el año 1964 el consumo era de 134 kg/cápita.

En la **Tabla 1** se muestran los datos de consumo de pan en España durante el año 2011 por tipos de pan. El consumo del pan en España cuenta con diversas particularidades:

- Diferencias regionales: según la comunidad autónoma, el consumo de pan en España puede variar hasta 25 kg/cápita (es el caso del consumo en Andalucía frente al consumo en Madrid). Entre las comunidades con un consumo más elevado destacan Aragón, Andalucía, Castilla y León, Castilla La Mancha, Extremadura, Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, La Rioja y Navarra. Por otro lado, Cataluña, Baleares, la Comunidad Valenciana, Murcia, Madrid y Canarias sitúan su consumo de pan por debajo de la media nacional.
- Municipio de residencia: existe una diferencia de casi 17 kg entre la cantidad demandada por un individuo que vive en un municipio con menos de 2.000 habitantes y otro que reside en una ciudad con más de 500.000 habitantes.
- Edad del consumidor: la demanda también está condicionada por la edad del consumidor, de manera que los más jóvenes cuentan con un consumo inferior a la media y las personas mayores presentan un consumo superior.
- Nivel de ingresos en el hogar: el consumo de pan disminuye en los hogares con un mayor nivel de ingresos; de esta manera, en los hogares con una renta alta y media el consumo de pan es un 5% inferior a la media nacional, mientras que en los hogares con rentas bajas la diferencia es positiva y se cuantifica en un 2%.
- Condición laboral del comprador: cuando la persona encargada de realizar la compra es activa laboralmente existe una disminución del consumo per cápita respecto a la media (casi 8 kg).
- Configuración del hogar: la presencia de niños en los hogares se traduce en un menor consumo de pan per cápita. El número de integrantes del

hogar también repercute sobre la demanda de pan, suponiendo un consumo per cápita mayor en los hogares unipersonales.

Tabla 1. Datos de consumo de pan en España de enero de 2011 hasta diciembre de 2011.

Producto	Volumen (miles de Kg)	Valor (miles de euros)	Precio medio por Kg (€)	Consumo per cápita (kg)	Gasto per cápita (€)
Pan	1.633.645,02	3.917.604,47	2,40	35,6	85,37
Pan fresco/congelado	1.379.084,80	3.232.424,34	2,34	30,06	70,41
Pan fresco/congelado envasado	962.469,06	2.353.164,20	2,44	20,97	51,27
Pan fresco/congelado granel	416.615,74	879.260,14	2,11	9,07	19,14
Pan fresco integral	103.420,54	276.539,72	2,67	2,26	6,03
Pan fresco normal	1.275.664,30	2.955.884,80	2,32	27,8	64,42
Pan fresco sin sal	14.662,14	35.195,05	2,40	0,31	0,76
Pan industrial	254.560,22	685.180,13	2,69	5,55	14,93
Pan industrial fresco	182.388,59	422.671,69	2,32	3,97	9,21
Pan industrial fresco integral	25.575,92	49.889,58	1,95	0,56	1,08
Pan industrial fresco normal	129.173,46	266.198,64	2,06	2,82	5,8
Pan industrial fresco sin corteza	27.639,20	106.583,48	3,86	0,6	2,3
Pan industrial fresco enriquecido	47.970,88	109.144,86	2,28	1,05	2,39

Introducción

Pan industrial seco	72.171,63	262.508,45	3,64	1,57	5,73
Pan industrial seco integral	18.133,03	64.625,60	3,56	0,39	1,4
Pan industrial seco normal	54.038,62	197.882,85	3,66	1,17	4,32

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Aún teniendo en cuenta la disminución en el consumo de pan, éste continua siendo el producto alimentario de mayor consumo. En España diariamente se consumen más de cinco millones de kilos de pan (un poco más de cien gramos por habitante y día) que promueven un desembolso de once millones de euros diarios, aproximadamente.

5.4. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DEL PAN

El pan subministra a la dieta diaria una cantidad moderada de energía y cantidades importantes de distintos macro y micronutrientes. Destaca su contenido en hidratos de carbono, proteínas, fibra, hierro, zinc y vitamina B₁, aunque también aporta cantidades importantes de magnesio, potasio, vitamina B₃, vitamina B₂ y ácido fólico.

5.4.1. Energía

Actualmente los alimentos que contienen como base cereales constituyen la principal fuente de energía y nutrientes para una amplia mayoría de población mundial, aportando del 60 al 80% de la energía requerida en la dieta de la población de los países menos industrializados y, como mínimo, el 25% de la de los países más industrializados.

Frecuentemente el pan se define como un alimento energético que proporciona entre 220 y 285 kcal/100g, dependiendo del tipo de pan al que se haga referencia (**Tabla 2**). De manera general, los panes de miga dura son más energéticos que los panes de miga blanda. Este fenómeno es debido principalmente a las diferencias entre el contenido de humedad de ambos tipos de panes (29% para los panes de miga dura y 39% para los de miga blanda).

Se trata de un alimento con una elevada densidad de nutrientes, es decir, es capaz de aportar cantidades importantes de nutrientes a partir de pocas calorías. 100 gramos de pan permiten cubrir el 8-10% de las necesidades energéticas y de distintos nutrientes para un individuo del sexo masculino de edad entre 20 y 39 años.

Tabla 2. Composición nutricional de distintos tipos de pan por 100 g de producto.

	Pan blanco	Pan blanco tipo baguette	Pan blanco tostado	Pan integral	Pan de molde
Energía (Kcal)	261	258	262	221	272
Proteínas (g)	8,5	9,7	6,8	7,0	7,8
Hidratos de carbono (g)	51,5	50,6	46,0	38,0	49,9
Almidón(g)	41,8	48,7	42,8	36,2	47,9
Azúcares simples (g)	1,9	1,9	3,2	1,8	2,0
Fibra (g)	3,5	3,5	5,3	7,5	3,6
Lípidos (g)	1,6	1,1	4,4	2,9	3,8
ÁGS (g)	0,39	0,20	0,97	0,54	0,74
ÁGM (g)	0,28	0,10	1,90	0,41	1,90
ÁGP (g)	0,34	0,40	0,98	1,20	1,20
Colesterol (mg)	0	0	0	0	0
Vitamina B ₁ (mg)	0,086	0,09	0,36	0,34	0,20
Vitamina B ₂ (mg)	0,06	0,05	0,27	0,09	0,05
Equivalentes de niacina (mg)	3,0	3,3	6,2	5,5	3,1
Vitamina B ₆	0,06	0,05	0,27	0,09	0,05
Equivalentes de folato (µg)	23	24	21	39	38
Ácido pantoténico (mg)	0,3	0,39	0,3	0,65	0,3
Vitamina E (mg)	Trazas	0,18	0,01	0,18	Trazas
Vitamina K (µg)	1,9	1,9	3	3,4	3
Calcio (mg)	56	23	114	54	91
Fosforo (mg)	91	110	92	200	79
Hierro (mg)	1,6	1,5	1	2,7	2,3
Zinc (mg)	0,61	0,7	0,78	1,8	0,5
Magnesio (mg)	25,1	28	25	76	21,9
Sodio (mg)	540	570	551	550	530
Potasio (mg)	110	130	160	230	129
Selenio (µg)	28	28	33,6	35	28

Fuente: Hernández, G., Majem, S. *Libro Blanco del pan*. 2010.

5.4.2. Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono son el componente principal del pan, concretamente, el principal hidrato de carbono es el almidón, un hidrato de carbono complejo. El almidón, cuando es ingerido, es transformado por el organismo en glucosa y permite proporcionar energía durante un período más o menos prolongado, en función del tipo de pan.

Introducción

Aunque el consumo diario de pan es inferior al recomendado (220-250 g en una dieta normo calórica), juega un papel importante en la contribución a la ingesta diaria de hidratos de carbono. De hecho, en el estudio realizado por Royo-Bordonada *et al.* (2003) sobre la dieta de 1.112 niños españoles, se puso de manifiesto que la principal fuente (13,4%) de hidratos de carbono de su dieta provenía del pan.

Es importante destacar que en el pan integral los hidratos de carbono se encuentran en una proporción ligeramente inferior, presentando una digestibilidad similar y un valor energético ligeramente inferior (**Tabla 2**).

El contenido en azúcares simples es bastante bajo (1,8-3,2 g/100g) (**Tabla 2**) y, teniendo en cuenta el Reglamento (CE) 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y a las propiedades saludables en los alimentos, se podría alegar que el pan presenta un «bajo contenido en azúcares».

5.4.3. Fibra

El pan blanco, el de mayor consumo entre la población española, presenta un contenido de fibra aproximado de 3,5 g por 100 g de producto, mientras que el pan integral aporta unos 7,5 g/ 100 g (**Tabla 2**). Este aporte es muy valioso teniendo en cuenta la tendencia en la dieta española, y en la de la mayoría de países industrializados, de consumir cada vez menos fibra, alejándose de las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que se sitúan entre los 25 y 30 g de fibra diarios.

Teniendo en cuenta que el pan integral presenta un contenido en fibra de dos a cinco veces superior al del pan blanco, la sustitución del pan común por el pan integral podría satisfacer gran parte de las necesidades de fibra dietética. No obstante, frente a los numerosos efectos positivos relacionados con el consumo de fibra cabe hacer especial mención a un efecto negativo: la quelación de minerales y las alteraciones en la absorción de ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles.

A nivel nutricional se recomienda que la relación entre fibra soluble e insoluble sea 1:3. La fibra de los cereales tiene un mayor contenido en fracción insoluble, siendo la proporción de fibra soluble del 2-3%. Los beneficios atribuidos al consumo de fibra insoluble son disminución del apetito, disminución de la ingesta y de la respuesta glicémica, motivos por el que resulta de ayuda en el tratamiento de la diabetes y obesidad.

Los panes que se encuentran en el mercado presentan contenidos de fibra muy diversos. La composición nutricional media del pan está influenciada por el contenido en fibra de la harina utilizada, es decir, por el grado de extracción durante la molienda. Además, aunque en menor grado, también está influenciada por el tipo de cereal, los ingredientes utilizados en la formulación del producto y del

procedimiento de horneado. En general, los panes con mayor contenido en fibra presentan contenidos superiores en grasas y proteínas, así como contenidos inferiores de hidratos de carbono digeribles.

Teniendo en cuenta la normativa relativa a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables de los alimentos (Reglamento (CE) nº 1924/2006) se puede alegar que el pan blanco es «fuente de fibra» y que el pan integral presenta un «alto contenido en fibra».

5.4.4. Proteínas

El contenido en proteínas del pan oscila entre valores aproximados de 7 y 10% (**Tabla 2**), dependiendo del tipo de harina utilizada, del proceso de elaboración y de si se trata de panes precocidos o elaborados a partir de masas congeladas. Los procesos de elaboración automatizados, así como la elaboración de panes a partir de masas congeladas y los panes precocidos requieren harina de mayor fuerza, con lo que el contenido proteico del producto final es más elevado.

La calidad de las proteínas del pan se considera baja, es decir, de bajo valor biológico, ya que el contenido en aminoácidos esenciales es reducido. Sin embargo, el consumo de pan junto con otros alimentos, especialmente carnes, pescados y huevos (alimentos ricos en proteínas) mejora la calidad de la proteína total, desapareciendo la limitación en la calidad proteica existente cuando se consume pan como alimento aislado. Cuando el pan es consumido juntamente otros alimentos de origen vegetal, como son las legumbres, también se consigue una buena complementación de aminoácidos y se obtiene una mezcla proteica de calidad.

Estudios realizados en España (Royo-Bordonada *et al.*, 2003) demuestran que el consumo de pan proporciona el 6,3% de la ingesta de proteínas en niños, siendo la tercera fuente por importancia del aporte proteico diario.

5.4.5. Lípidos

Los lípidos están presentes en el pan en cantidades muy bajas, siendo un poco más altas en el pan de molde y en el integral (**Tabla 2**). Esta característica, teniendo en cuenta la dieta media española actual, así como la de la mayoría de la población de los países industrializados, constituye un punto a favor del pan. La dieta de la población, tanto española como del resto de países industrializados, está tendiendo a disminuir el consumo de hidratos de carbono y a aumentar el de lípidos, con lo que el consumo de pan contribuye a revertir esta tendencia.

Los lípidos mayoritarios en el pan son las grasas de tipo insaturado, sobre todo ácidos oleico y linoleico, por lo que también se puede considerar una característica deseable en el pan por sus conocidos efectos saludables.

Introducción

Teniendo en cuenta las declaraciones nutricionales permitidas, de acuerdo al Reglamento (CE) nº1924/2006, muchos tipos de pan presentan un «bajo contenido en grasa», es decir, no contienen más de 3 g de grasa por g de producto. Además, muchos de ellos también presentan un «bajo contenido en grasa saturada» ya que la suma de los ÁGS y de ácidos grasos *trans* en el producto no es superior a 1,5 g por 100 g de producto y la suma de éstos no aporta más del 10% de valor energético.

5.4.6. Vitaminas

El pan es un alimento con un contenido importante en vitaminas. Destacan algunas del grupo B, especialmente la B₁ o tiamina, B₃ o niacina, B₆ o piridoxina y los folatos (B₉ o ácido fólico). De hecho, el consumo de 100 g de pan blanco cubre más del 5% de la ingesta diaria recomendada (IDR) de vitaminas B₁ y B₃, folatos y ácido pantoténico. En el caso del pan integral, el consumo de 100 g, cubre más del 5% de las IDR para las vitaminas mencionadas en el caso del consumo de pan blanco y, además, para las vitaminas B₂ o riboflavina y vitamina B₆. Además de la riqueza vitamínica del pan es de suma importancia considerar la biodisponibilidad de las vitaminas, que es bastante elevada.

Así pues, el pan integral de manera especial contribuye en mayor grado a alcanzar las IDR de algunas vitaminas, además de las de algunos minerales y fibra. No obstante, es importante considerar el grado de extracción de la harina empleada en la elaboración del pan, ya que influye en una mayor o menor eliminación de los componentes del grano de cereal entero.

5.4.7. Minerales

El pan también es un alimento con una alta riqueza mineral. Destaca su contenido en selenio, relacionado con la protección antioxidante del organismo, aunque también aporta cantidades importantes de otros minerales. En concreto, 100 g de pan blanco o integral aportan más del 5% de las IDR para el calcio, fósforo, hierro, magnesio y selenio. Además, en el caso del pan integral, una ingesta de 100 g también cubre más del 5% de las IDR de zinc.

Es importante tener en cuenta que el proceso de molienda de los cereales reduce el contenido en vitaminas y minerales, además de que algunos de estos nutrientes pueden encontrarse en formas biológicamente no disponibles. Sin embargo, y de manera general, el contenido en minerales del pan integral es superior al del pan blanco.

Cabe destacar también que el 70% del fósforo de la harina integral se encuentra en forma de ácido fítico (inositol-hexafosfato), conocido por sus propiedades quelantes, comprometiendo principalmente la biodisponibilidad del hierro, del zinc y

del calcio. Sin embargo, durante el proceso de elaboración del pan tienen lugar una serie de reacciones entre el ácido fítico y las fitasas (presentes en la harina y la levadura) que resultan en la hidrólisis del primer compuesto a formas más sencillas (inositol-pentafosfato, inositol-tetrafosfato, inositol-trifosfato, inositol-difosfato e inositol-monofosfato). Estos compuestos resultantes se caracterizan por presentar una menor capacidad de formación de quelatos (entre un 20 y 100% menor, en función del tipo de harina, de la cantidad de levadura, de las condiciones de fermentación y del pH de la masa) y, por lo tanto, permiten una mayor absorción de minerales. De manera general, la pérdida de capacidad quelante es mayor en los panes blancos que en los integrales, a medida que aumenta el tiempo de fermentación disminuye la capacidad de formación de quelatos y no existe capacidad quelante cuando se trata de panes ácimos (sin adición de levaduras).

En referencia al contenido en calcio del pan, aunque es relativamente bajo (**Tabla 2**), la contribución a la IDR puede ser apreciable teniendo en cuenta el consumo habitual de pan y más si éste se acerca a los niveles recomendados. También puede ser mayor en el caso de panes enriquecidos o en panes especiales a los que se añade leche, por ejemplo el pan de Viena.

Por otro lado, teniendo en cuenta lo establecido en la Directiva 2008/100/CE y en el Reglamento (CE) 1924/2006, para considerar que un alimento tiene un alto contenido en alguna vitamina o mineral, debe contener como mínimo dos veces el valor establecido como cantidad significativa (considerada como el 15% de la IDR, **Tabla 3**) en 100 g de producto, es decir, debe cubrir al menos un 30% de la IDR. Es por este motivo que el pan blanco puede ser considerado como fuente de niacina y alimento con alto contenido de selenio. Mientras que el pan integral puede ser considerado como fuente de tiamina, folatos, fósforo, hierro y magnesio, y alimento con alto contenido de niacina y selenio.

Tabla 3. Ingesta diaria recomendada (IDR) de vitaminas y sales minerales.

Vitamina	IDR (unidades)	Mineral	IDR (unidades)
Vitamina A	800 µg	Potasio	2000 mg
Vitamina D	5 µg	Cloruro	800 mg
Vitamina E	12 mg	Calcio	800 mg
Vitamina K	75 µg	Fósforo	700 mg
Vitamina C	80 mg	Magnesio	375 mg
Tiamina (B ₁)	1,1 mg	Hierro	14 mg
Riboflavina (B ₂)	1,4 mg	Zinc	10 mg
Niacina (B ₃)	16 mg	Cobre	1 mg
Piridoxina (B ₆)	1,4 mg	Manganeso	2 mg
Ácido fólico (B ₉)	200 µg	Fluoruro	3,5 mg
Cianocobalamina (B ₁₂)	2,5 µg	Selenio	55 µg
Biotina (B ₈)	50 µg	Cromo	40 µg

Introducción

Ácido pantoténico	6 mg	Molibdeno	50 µg
		Yodo	150 µg

Fuente: Anexo de la Directiva 2008/100/CE de la Comisión, de 28 de octubre de 2008.

5.5. EL PROCESO DE PANIFICACIÓN

El proceso de elaboración de un producto de panadería de calidad es largo y requiere de larga experiencia de trabajo en el sector. El proceso de panificación se divide en las siguientes etapas: amasado, reposo en bloque, división y pesaje, heñido o boleado, reposo en bola, formado, fermentación, greñado y cocción.

5.5.1. Amasado

Durante el amasado tiene lugar la mezcla de la harina con el agua, la levadura y la sal, aunque también es posible la incorporación de otros ingredientes y mejorantes. La duración de esta etapa, así como la velocidad amasado, dependen del tipo de amasadora utilizada y del producto a elaborar. Los tipos de amasadora más comunes son: de brazos espirales o eje oblicuo, de brazos, en eje en espiral, intensiva y de doble hélice.

Durante el amasado tienen lugar distintos fenómenos que resultan en la formación de la masa panaria. Primeramente tiene lugar un cambio en el estado natural de las materias primas, que pasan de ser simples ingredientes individuales a transformarse en un único elemento, la masa. Por lo tanto, al añadir el agua se produce un efecto de homogeneización. La absorción de agua de una harina, es decir, la capacidad que presenta para absorber el agua de amasado depende del tipo de harina utilizada. La capacidad de absorber agua de una harina depende principalmente de la fuerza (W), contenido en almidón dañado, de la humedad, granulometría, grado de extracción y de la calidad y cantidad de proteínas que presente la harina.

Otro fenómeno que tiene lugar durante el amasado es el aumento de volumen de la mezcla de ingredientes y, posteriormente, de la masa. El contacto de los ingredientes con el oxígeno y la propia actividad de la levadura dan lugar a una pequeña fermentación. A partir del momento de la incorporación de la levadura al resto de ingredientes, empieza la metabolización de los azúcares libres de la harina.

Durante el transcurso del amasado también tiene lugar un aumento de temperatura producido por la propia temperatura de las materias primas, la temperatura ambiental y la temperatura de fricción producida por el propio amasado. De manera general, aunque depende del proceso de elaboración, se considera que una temperatura de masa comprendida entre 23 y 26°C es la óptima al final del

amasado. Las masas con una cantidad de levadura inferior al 2% y blandas, es decir, con un porcentaje de agua elevado, sitúan su temperatura óptima al final del amasado en los 26°C. De forma contraria, las masas consistentes y con un porcentaje de levadura superior al 2% tienen su temperatura ideal en los 23°C. En general, cuanto mayor es la temperatura al final del amasado (> 24°C) se obtiene una mayor tenacidad y menor elasticidad de la masa.

La etapa de amasado finaliza cuando todas las materias primas han formado una única masa que se adhiere a los brazos de la amasadora, que es capaz de ofrecer suficiente elasticidad y muestra poros blancos, resultado de una buena oxigenación. Al final de esta etapa se obtiene una masa con distintas características plásticas, es decir, las masas pueden ser tenaces (ofrecen resistencia al estiramiento), elásticas (se estiran hasta cierto punto y muestran capacidad de retroceso) o extensibles (tienen capacidad para ser estiradas y laminadas hasta llegar a un punto en que se rompen).

5.5.2. Reposo en bloque

Aunque no todos los procesos de elaboración del pan requieren esta etapa, constituye un paso importante en el desarrollo de la red de gluten y en el alveolado del producto final. La etapa consiste en dejar reposar la totalidad de la masa obtenida del amasado en una sola pieza, sin ser dividida. Su duración dependerá de las condiciones ambientales y del tipo de elaboración, aunque normalmente oscila entre 10 y 30 minutos.

Es importante destacar que en esta etapa se produce la fermentación de la masa, por lo que su volumen aumenta conforme transcurre el tiempo de reposo. En los casos en que el proceso de panificación sea automatizado y el volumen de masa sea muy grande es conveniente no realizar esta etapa ya que causa diferencias de peso en las piezas obtenidas en la etapa de división.

5.5.3. División y pesaje

En esta etapa la masa es troceada, manualmente o mediante una divisora, en porciones según el peso deseado a obtener en el producto final. En los casos en que la división es mecánica, cuando se trata de masas muy grandes, se pueden encontrar diferencias de peso entre las primeras piezas y las últimas, ya que la división se hace por volumen. La masa, mientras va siendo dividida va fermentando, con lo que las piezas obtenidas al final tienen el mismo volumen pero un peso inferior que las obtenidas al inicio de la etapa.

La división, ya sea manual o mecánica, debe durar como máximo 10-15 minutos, en caso contrario la masa se encuentra demasiado fermentada y con una temperatura y acidez excesivas que se traducen en problemas de desgasificación y

Introducción

masas pegajosas, resultando en productos con colores de corteza desiguales y con ausencia de sabor. En el caso de las masas que incorporan más de un 8% de azúcar, la duración máxima de la etapa se puede establecer en 25 minutos.

Es recomendado pesar las piezas obtenidas para revisar su peso y poder hacer las rectificaciones necesarias, teniendo en cuenta que la variación de peso no debería exceder del 1%.

5.5.4. Heñido o boleado

Una vez dividida la masa es necesario realizar un correcto boleado o heñido. Es una etapa sencilla aunque requiere experiencia y destreza para formar las bolas correctamente. Las bolas deben tener cierta flexibilidad, para permitir el formado, y deben presentar un cierre en la parte inferior lo suficientemente hermético para evitar pérdidas de gas durante la fermentación.

El objetivo de esta etapa es producir una capa seca en cada una de las piezas para que la etapa posterior, el formado, sea suave y no produzca desgarres en la masa. El boleado puede realizarse manualmente o con boleadoras pero siempre debe proporcionar piezas uniformes.

5.5.5. Reposo en bola

Las piezas formadas en la etapa anterior, las bolas, deben dejarse reposar entre 10 y 20 minutos, aunque el tiempo depende de la temperatura ambiental y de la cantidad de levadura incorporada. El objetivo de esta etapa es que la masa se relaje después del castigo recibido durante la división y boleado y que madure antes del formado.

5.5.6. Formado

En esta etapa se da la forma a las piezas, según el producto que se desee elaborar. Los dos formatos más comunes son la barra y la hogaza, aunque existen infinidad de formatos. Es importante que se realice de manera suave para no causar daños a la masa que repercutirían en un mal formado y en defectos en el producto final.

5.5.7. Fermentación

Es la etapa, por norma general, de mayor duración del proceso de panificación y constituye una de las etapas más importantes. Aunque en este apartado se hace referencia a la fermentación como el período de tiempo en que se dejan las piezas

en la cámara de fermentación, en condiciones de temperatura y humedad controladas, se debe recordar que desde que se mezclan los ingredientes en la amasadora ya tiene lugar una pequeña fermentación (primera etapa). Por este motivo, en este apartado se hace referencia a la fermentación como una segunda etapa.

Esta segunda etapa de fermentación es la más larga y las enzimas α -amilasa, β -amilasa, glucosidasa y amiloglucosidasa actúan sobre el almidón. El ambiente presente en las piezas formadas es principalmente anaerobio, por lo que la fermentación que tiene lugar en mayor grado es de tipo alcohólica aunque a su vez se producen distintas fermentaciones complementarias (butírica, láctica y acética).

La fermentación alcohólica (**Figura 1**) es un proceso originado por la levadura, por lo que en panes ácidos esta etapa no tiene sentido. Durante dicha fermentación los hidratos de carbono son metabolizados para formar alcohol en forma de etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$), dióxido de carbono (CO_2) y trifosfato de adenosina (ATP, que es utilizado por las levaduras en su metabolismo energético). De la reacción se obtienen 27 calorías por cada molécula de glucosa metabolizada.

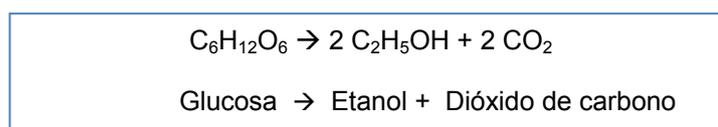


Figura 1. Reacción seguida por el 90% de los azúcares durante la fermentación alcohólica.

Aproximadamente el 90% de los azúcares presentes en la masa siguen el proceso fermentativo detallado en la **Figura 1**. El 10% restante son sometidos a procesos fermentativos distintos que originan ácidos y otros compuestos que influyen en el flavor del producto final.

Para que la segunda etapa de la fermentación se desarrolle correctamente es necesario que el pH de la masa se encuentre entre 5,2 y 5,8, mientras que la temperatura debe oscilar entre 28 y 29°C. Si la temperatura de la masa es más alta, aunque requerirá un menor tiempo de fermentación, la masa será excesivamente pegajosa, dando problemas al trasladar las piezas y provocará el desarrollo de fermentaciones no deseables. Sin embargo, las levaduras muestran su mayor actividad a temperaturas entre 35 y 40°C. Por este motivo, y para reducir el tiempo de fermentación, es necesario que la transferencia de calor a la masa haga aumentar la temperatura de la masa unos 10-15°C. Esta temperatura se alcanza mediante la humedad que se condensa en la superficie del pan, cediendo su calor latente.

Durante la fermentación la masa se expande entre tres y cuatro veces, de aquí la importancia del control de humedad, que confiere a la capa exterior flexibilidad e

Introducción

impide que se desgarre, además de reducir la pérdida de peso durante la fermentación. Los principales objetivos de esta etapa son aumentar el volumen de las piezas, conseguir una textura fina y ligera y producir aromas. Durante la fermentación, como resultado de la actividad de la levadura, se generan ácidos orgánicos, aminoácidos y alcoholes de diversos pesos moleculares, aunque solo permanecen en el producto final los compuestos menos volátiles. Cuanto mayor es el tiempo de fermentación, mayor es el espectro de compuestos formados y, por tanto, se obtiene una mayor complejidad organoléptica.

El CO₂ obtenido por la fermentación alcohólica es retenido por los alveolos de la masa, que aumentan de tamaño para soportar la sobrepresión de gas. Por este motivo es muy importante la calidad de las proteínas del gluten, que deben conferir una adecuada capacidad de retención de gas. Cuando las proteínas son de mala calidad o existen porosidades en la masa, gran parte del gas producido durante la fermentación se pierde, requiriéndose tiempos de fermentación muy largos para obtener un volumen aceptable. Además, las masas con poca capacidad de retención de gas, a su entrada en el horno, tienden a debilitarse y a resultar en panes caídos, con poco volumen.

La fermentación láctica (**Figura 2 A**), producida por las bacterias lácticas, produce la hidrólisis de la lactosa y/o sacarosa produciendo glucosa, que es transformada en ácido láctico. Se trata de una reacción lenta pero que a temperaturas superiores a 35°C transcurre con rapidez. La producción de ácido láctico en exceso, cuando la temperatura de fermentación es excesiva, provoca una maduración excesiva de la masa. No obstante, cuando transcurre de manera normal, se produce una pequeña acidez que favorece la extensibilidad del gluten y los aromas del producto final. Esta acidez favorece también la actividad de las levaduras, que necesitan medios ácidos para realizar las reacciones de fermentación.

La fermentación butírica (**Figura 2 B**) se produce a partir del ácido láctico obtenido en la fermentación láctica cuando la temperatura de fermentación es excesiva y la acidez de las masas es alta. Las bacterias butíricas tienen su temperatura óptima de fermentación entre 36 y 40°C, así como un pH óptimo de actividad entre 3,2 y 3,8. No obstante, es importante destacar que en las fermentaciones panarias normales esta fermentación se desarrolla en pequeña proporción, produciéndose siempre una pequeña cantidad de ácido butírico.

En la fermentación acética (**Figura 2 C**), producida por bacterias acéticas, se transforma el etanol producido en la fermentación alcohólica en ácido acético. Se trata de una fermentación que ocurre en presencia de aire, ya que las bacterias acéticas son aerobias, y su aporte a la acidez total de la masa se produce en un porcentaje bajo.

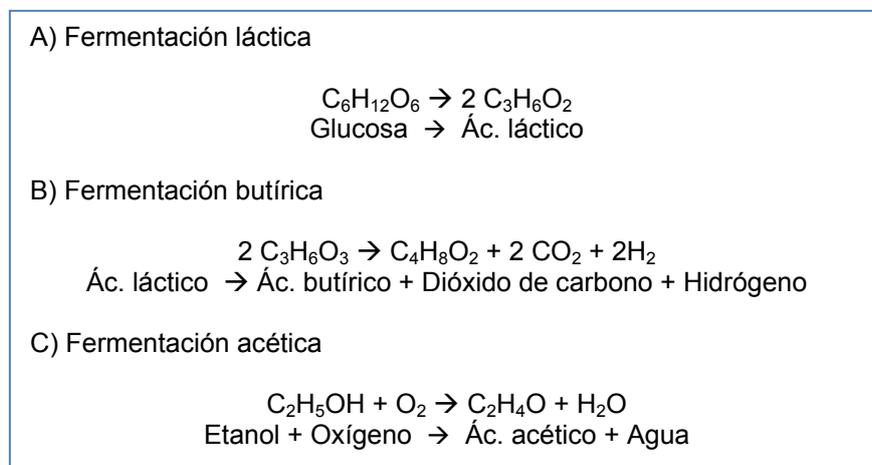


Figura 2. Reacciones secundarias durante la segunda etapa de fermentación.

5.5.8. Greñado

El greñado se define como el corte que se realiza a la masa de pan fermentada mediante una cuchilla, ya sea de forma manual o automática. La cuchilla con la que se realizan los cortes debe estar mojada para evitar provocar desgarros en la masa.

Esta etapa cobra especial importancia durante la cocción, momento en que se producen aperturas en las zonas cortadas que favorecen al pan aportándole textura crujiente y favoreciendo estéticamente al producto final.

Es importante que la longitud de los cortes sea siempre la misma, así como que éstos se realicen paralelamente a lo largo de la pieza. Los cortes no deben realizarse con la cuchilla en vertical, debe tener cierta inclinación para realizar cortes superficiales, no profundos. La realización de cortes profundos provoca que la pieza pierda gas (CO_2 retenido en los alveolos) y volumen.

5.5.9. Cocción

La entrada de la masa en el horno es un momento muy crítico porque el choque térmico produce un aumento de presión de los gases retenidos en los alveolos, lo que resulta en un aumento del volumen de la pieza, evaporándose el etanol y parte del agua de la masa. En los casos en que la capacidad de retención de gas es baja, los alveolos no soportan el aumento de presión y se obtienen panes caídos y planos.

Introducción

En la cocción de la masa se producen principalmente reacciones de Maillard, que proporcionan color, dado que se forman melanoidinas. Sin embargo, se ha descrito que estos compuestos influyen tanto en el sabor como en el aroma (Zhang *et al.*, 2009). Este conjunto de reacciones comienza con la condensación de azúcares reductores y aminoácidos, tanto libres como polimerizados en forma de proteínas. En general una amina primaria reacciona con un grupo carbonilo, lo que forma un compuesto inestable (Base de Schiff) que posteriormente genera un producto de Amadori. Estos compuestos pueden seguir reaccionando formando compuestos de mayor complejidad, pero también se degradan formando azúcares anhidros, furfurales y reductonas (Rehm *et al.*, 1995; Zhang *et al.*, 2009).

Además de estas reacciones se producen también las reacciones de Strecker, que consisten en la desaminación oxidativa y descarboxilación de aminoácidos para formar aldehídos o cetonas de fusel (Rehm *et al.*, 1995). Es decir, compuestos que contribuyen al aroma como 2-feniletanal, 3-metilbutanal, etc., que además pueden continuar modificándose según las reacciones de Maillard.

Las variables del proceso de cocción (temperatura, vapor, configuración del horno, tiempo, etc.) dependen de las características del producto a elaborar y del aspecto deseado para el producto final.

5.6. EL ACEITE DE OLIVA VIRGEN Y SU IMPORTANCIA EN LA DIETA

El aceite de oliva es uno de los pilares de la Dieta Mediterránea, de hecho se recomienda su consumo diario. En las zonas mediterráneas se usa tanto como condimento (en crudo) como para cocinar. El aceite de oliva virgen es un alimento asociado a numerosos efectos beneficiosos para la salud. Los estudios llevados a cabo durante las últimas décadas están permitiendo definir los componentes del aceite de oliva virgen implicados en estos efectos beneficiosos, así como sus mecanismos.

5.6.1. Tipos de aceites de oliva

Dentro del grupo de aceites de oliva se pueden distinguir varios tipos:

- **Aceite de oliva virgen:** se caracteriza por obtenerse exclusivamente mediante procedimientos mecánicos u otros medios físicos que no producen alteraciones en el aceite. Este tipo de aceite únicamente es sometido al tratamiento de lavado, decantación, centrifugación y filtrado. A su vez se clasifica en:
 - Extra: presenta un nivel de acidez (expresada en ácido oleico) no superior a 1°. No puede contener ninguna propiedad negativa, debiendo poseer el máximo de atributos positivos.

- Virgen: su nivel de acidez es inferior a los 2°. Los defectos más frecuentes que presenta son el avinado, agrio y ácido, además del sabor metálico, a moho o humedad y a tierra.
 - Corriente: el grado de acidez no debe ser superior a los 3,3°.
 - Lampante: presenta un sabor defectuoso debido al grado de acidez superior a los 3,3°. Para poder ser consumido debe someterse a refinado.
- **Aceite de oliva refinado:** es el obtenido a partir de aceite de oliva virgen y con una acidez no superior a 0,5°, mediante técnicas de refinado que no producen alteraciones en la estructura glicérica inicial.
 - **Aceite de oliva:** se obtiene a partir de la mezcla de aceites de oliva virgen distinto al lampante y de oliva refinado. Se trata del tipo de aceite más consumido en España.

A partir de la aceituna también se obtiene el aceite de orujo. Aunque este aceite no se considera dentro del grupo de aceite de oliva, ya que se elabora con el orujo que es el subproducto sólido resultante del proceso de extracción de aceite de oliva virgen, y no de la oliva propiamente dicha. Dentro del aceite de orujo se diferencia el aceite de orujo crudo, el aceite de orujo refinado y el aceite de orujo de oliva, según su procedimiento de obtención y grado de acidez.

Tabla 4. Principales características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo.

Categoría	Acidez (%)	Índice de peróxidos (meq O ₂ /Kg)
Aceite de oliva virgen extra	M 1,0	M 20
Aceite de oliva virgen	M 2,0	M 20
Aceite de oliva virgen corriente	M 3,3	M 20
Aceite de oliva virgen lampante	> 3,3	> 20
Aceite de oliva refinado	M 0,5	M 10
Aceite de oliva	M 1,5	M 15
Aceite de orujo de oliva crudo	m 2,0	-
Aceite de orujo de oliva refinado	M 0,5	M 10
Aceite de orujo de oliva	M 1,5	M 15

M = máximo; m = mínimo.

Fuente: Reglamento 2568/91 de la Comisión, de 11 de julio de 1991.

Introducción

5.6.2. Composición del aceite de oliva virgen

La composición en ácidos grasos del aceite de oliva es muy característica: presenta un contenido en ácido oleico (18:1n-9) del 56-84% y un contenido en ácido linoleico (18:2n-9,12) de entre el 3 y el 21%. En la fracción no saponificable del aceite de oliva virgen (**Tabla 5**) se encuentra el α -tocoferol, la forma más activa *in vivo* de la vitamina E y la más abundante en la naturaleza. Esta fracción no grasa del aceite de oliva virgen es rica en compuestos fenólicos, cuyas propiedades antioxidantes protegen al aceite de oliva de la autooxidación (Fitó, 2003). Además los estudios más recientes han demostrado su función en la prevención de enfermedades cardiovasculares mediante la protección de la oxidación de las LDL *in vivo* (Fitó, 2003).

Tabla 5. Composición de la fracción no saponificable del aceite de oliva virgen.

Compuesto	Concentración / Porcentaje
Hidrocarburos totales	300 - 700 mg/100 g
Escualeno	300 - 700 mg/100 g
Pigmentos	
Clorofilas	0 - 9,7 mg/kg
Carotenoides	0,5 - 10 mg/kg (en β -caroteno)
Luteína	30 - 60%
β -caroteno	5 - 15%
Tocoferoles	70 - 300 mg/kg
α -tocoferol	> 93%
β y γ -tocoferol	< 10%
δ -tocoferol	< 1,5%
Esteroles	80 - 240 mg/100 g
β -sitosterol	75 - 95%
Campesterol	2 - 4%
Estigmasterol	1 - 2%
Δ 5-avenasterol	3 - 14%
Δ 7-avenasterol	< 0,7%
Compuestos fenólicos	50 - 500 mg/kg (en ácido cafeico)
Alcoholes triterpénicos	100 - 300 mg/100 g
Compuestos aromáticos	
Alcoholes	
Cetonas	
Ésteres	
Éteres	
Derivados furánicos	

Fuente: Fitó, 2003.

5.6.3. Los compuestos fenólicos del aceite de oliva virgen

Los compuestos fenólicos (CF) del aceite de oliva virgen constituyen una fracción de considerada complejidad formada por un número elevado de compuestos. Se trata de estructuras químicas formadas por un anillo aromático unido a uno o más grupos hidroxilo (**Figura 3**), incluyéndose también derivados funcionales como ésteres, glicósidos, etc. Los CF están distribuidos por todo el reino vegetal, siendo la forma más frecuente de encontrarlos en la naturaleza conjugados con uno o más residuos de azúcar unidos al grupo hidroxilo. No obstante, en algunos casos se pueden producir uniones directas entre una molécula de azúcar y un carbono del anillo aromático. También pueden encontrarse unidos a ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminas, lípidos y a otros compuestos fenólicos (Huang, Ou y Prior, 2005).

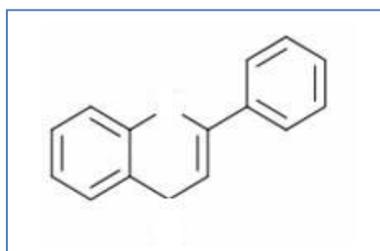


Figura 3. Estructura básica de los compuestos fenólicos.

Numerosos trabajos llevados a cabo durante las últimas décadas han permitido identificar más de 8.000 CF con estructuras muy variadas, por lo que su clasificación es una tarea muy compleja. Una de las clasificaciones más utilizadas es la propuesta por Harborne *et al.* (1989), que agrupa a los compuestos fenólicos en diez clases en función de su estructura química básica (**Tabla 6**).

Tabla 6. Clasificación de los compuestos fenólicos en función de la estructura química básica propuesta por Harborne *et al.* (1989).

Número de átomos de carbono	Esqueleto	Clase
6	C ₆	Fenoles simples, benzoquinonas.
7	C ₆ - C ₁	Ácidos fenólicos.
8	C ₆ - C ₂	Acetofenona, ácido fenilacético.
9	C ₆ - C ₃	Acido hidroxicinámico, cromonas, coumarinas, isocoumarinas, polipropenos.
10	C ₆ - C ₄	Naftoquinonas.

Introducción

13	$C_6 - C_1 - C_6$	Xantonas.
14	$C_6 - C_2 - C_6$	Estilbenos, antraquinonas.
15	$C_6 - C_3 - C_6$	Flavonoides, isoflavonoides.
18	$(C_6 - C_3)_2$	Lignanos, neolignanos.
30	$(C_6 - C_3 - C_6)_2$	Biflavonoides.
n	$(C_6 - C_3)_n$	Ligninas.
	$(C_6)_n$	Catecolaminas.
	$(C_6 - C_3 - C_6)_n$	Taninos condensados.

Fuente: Harborne, J.B. and Editor, 1989.

Son numerosos los estudios dedicados a identificar la función que desempeñan los CF en las plantas. Los primeros estudios llevados a cabo por Wheldale (1917) revelaron que los antocianos tenían numerosos efectos protectores en la planta, como favorecer el camuflaje y atraer insectos para desarrollar la polinización. Sin embargo, se observó que en cada tipo de planta los CF desarrollaban funciones determinadas, no coincidiendo siempre entre ellas. Los estudios más recientes han llevado al consenso de que la síntesis de fenoles en las plantas se produce como respuesta al estrés al que están sometidas por efecto de las radiaciones ultravioleta, altas temperaturas, baja disponibilidad de agua, plagas, etc. (Soler, 2009).

Los CF también desarrollan un papel importante en sus depredadores o consumidores, es decir, en los animales y humanos. Uno de los aspectos más importantes del consumo de CF es el efecto que tiene sobre la salud de quienes los ingieren, además de su contribución a las propiedades organolépticas del producto vegetal o del alimento y de sus propiedades antioxidantes. De este modo, durante los últimos 20 años han sido numerosas las investigaciones que se han centrado en la contribución de los CF sobre la mejora de la salud. Investigaciones epidemiológicas han demostrado una relación entre la ingesta elevada de frutas y verduras y la disminución del riesgo de padecer distintos tipos de cáncer (Riboli y Norat, 2003). Además, el consumo de frutas y verduras se ha asociado a la reducción de riesgo cardiovascular, especialmente en el caso de polifenoles flavonoides y antioxidantes (Hooper *et al.*, 2008). Así pues, los CF juegan un importante papel en la prevención de una gran variedad de enfermedades, incluyéndose el cáncer, enfermedades vasculares, diabetes y Alzheimer, principalmente (Soto-Vaca *et al.*, 2012). Diversos estudios han demostrado que la ingesta media de CF es de 780 mg/día en mujeres y 1058 mg/día en hombres, siendo el 50% de la ingesta en forma de hidroxycinamatos, 20-25% en forma de flavonoides y, aproximadamente en un 1%, en forma de antocianinas (Stevenson y Hurst, 2007).

En relación con el aceite de oliva, los CF son exclusivos del aceite de oliva virgen y forman parte de la fracción minoritaria. La pulpa de la oliva contiene concentraciones elevadas de CF, entre 20 y 50 g/kg, aunque únicamente una parte

pequeña pasa al aceite durante el proceso de extracción, debido a su naturaleza hidrosoluble (Artajo *et al.*, 2006). Sin embargo, y pese a su baja concentración en el aceite de oliva, los CF tienen una función destacable.

La identificación de los CF en el aceite de oliva se inició en los años 70, usando técnicas cromatográficas de la época (cromatografías en columna y de capa fina). En estos primeros estudios se identificaron el tirosol, el hidroxitirosol, la luteolina, la apigenina y algunos ácidos fenólicos. A partir de los años 90, coincidiendo con el desarrollo de las técnicas cromatográficas (cromatografía líquida de alta resolución acoplada a detectores de espectrometría de masas y la resonancia magnética nuclear), se realizaron investigaciones para conocer mejor la composición de la fracción fenólica de las olivas y su aceite. De estas investigaciones resultó la identificación de las estructuras de los derivados secoiridoides mayoritarios del aceite de oliva y de otros compuestos como los lignanos (Soler *et al.*, 2009).

El aceite de oliva contiene fenoles simples, como son el hidroxitirosol, tirosol, ácido vanílico, ácido *p*-cumárico, ácido ferúlico y vanilina. Además, también contiene flavonoides como la apigenina y la luteolina, así como otros fenoles más complejos como los aldehídos secoiridoides, verbacósidos y ligstrósidos, y el dialdehído del ácido elenoico unido al tirosol y hidroxitirosol (Visioli y Galli, 1998; Brenes *et al.*, 1999). Los principales CF del aceite de oliva virgen pertenecen a las familias de los ácidos fenólicos, alcoholes fenólicos, flavonoides, secoiridoides y lignanos.

- **Ácidos fenólicos y derivados:** se clasifican en derivados del ácido benzoico (C_6-C_1) o del ácido cinámico (C_6-C_3), según su estructura. Representan una fracción minoritaria de los CF del aceite de oliva. Algunos compuestos que forman parte de este grupo son el ácido cafeico, ácido vanílico, ácido ferúlico, ácido siríngico, ácido *p*-cumárico, ácido *o*-cumárico, ácido protocatequico, ácido sinápico, ácido gálico, ácido benzoico y ácido *p*-hidroxibenzoico (**Figura 4**).
- **Flavonoides:** los primeros flavonoides en identificarse en el aceite de oliva fueron las flavonas luteolina y apigenina (**Figura 5**), presentes en forma libre y glicosilada (Christophoridou y Dais, 2009). Las formas glicosiladas se encuentran en el fruto de la oliva, mientras que las formas libres son las que se encuentran mayoritariamente en el aceite.

Introducción

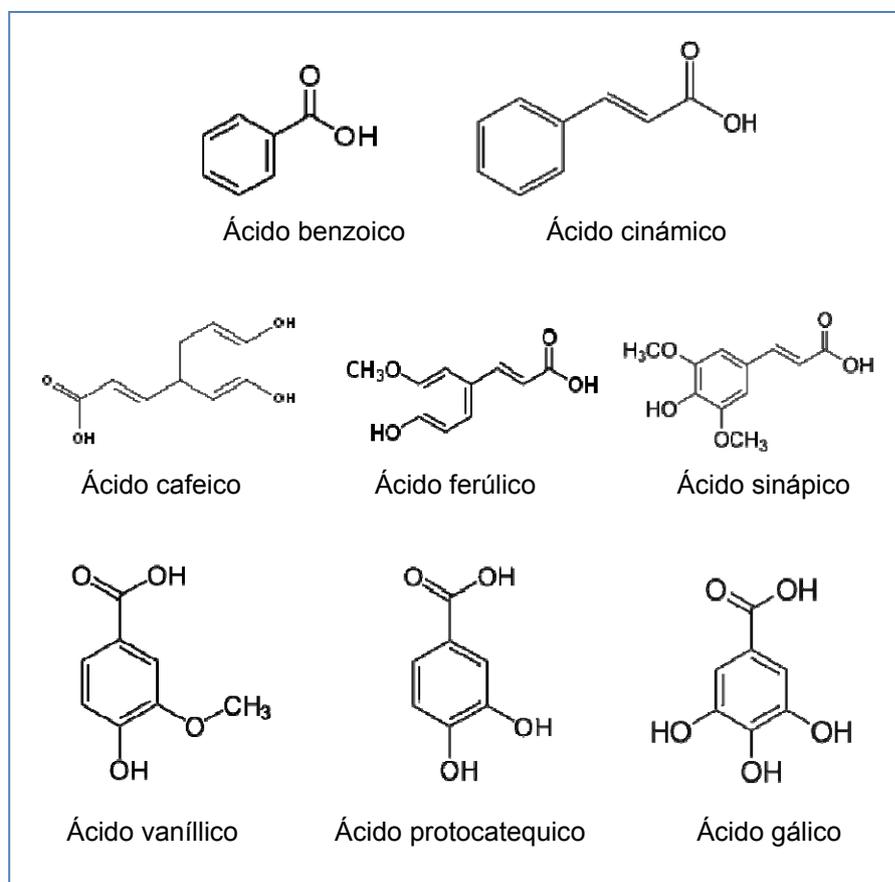


Figura 4. Estructura de algunos de los principales ácidos fenólicos y derivados de la oliva y del aceite de oliva.

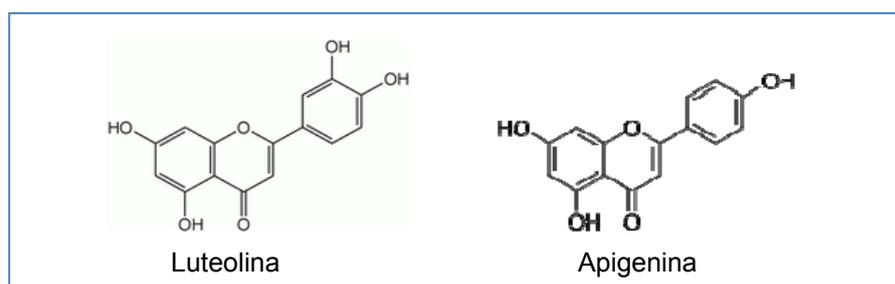


Figura 5. Estructura de la luteolina y apigenina.

- **Secoiridoides:** la oliva contiene compuestos secoiridoides (monoterpenos bicíclicos derivados del monoterpeno de geraniol con un ciclopentapirano como estructura básica) en forma libre y glucosilados, siendo la oleuropeína el mayoritario (**Figura 6**). Además también contiene ligustrósido y algunas variedades como la demetiloleuropeína. A este grupo fenólico se les atribuye el amargor característico del fruto verde.

Durante el proceso de extracción del aceite de oliva se producen modificaciones en la estructura química de los secoiridoides del fruto, obteniéndose principalmente los derivados secoiridoides: la forma dialdehídica del ácido elenólico unida al hidroxitirosol (3,4-DHPEA-EDA), la forma dialdehídica del ácido elenólico unida al tirosol o oleocantal (*p*-HPEA-EDA), la forma aldehídica del ácido elenólico unida al hidroxitirosol (3,4-DHPEA-EA) y la forma aldehídica del ácido elenólico unida al tirosol (*p*-HPEA-EA).

Durante el proceso de extracción del aceite de oliva virgen tiene lugar la hidrólisis de los derivados secoiridoides a sus formas más simples como el hidroxitirosol o 2-(3,4)-dihidroxifenil etanol (3,4-DHEPA) y el tirosol o 2-(4)-hidroxifenil etanol (*p*-HPEA) (Montedoro *et al.*, 1992). También están presentes compuestos que los contienen en sus estructuras como por ejemplo el hidroxitirosol acetato y el tirosol acetato.

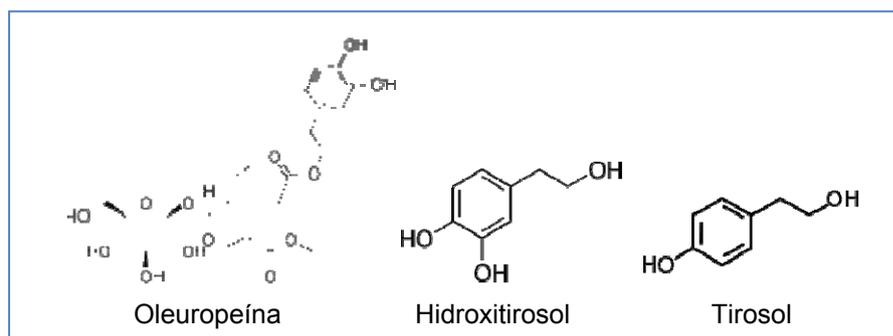


Figura 6. Estructura de algunos de los principales secoiridoides de la oliva y del aceite de oliva.

- **Lignanos:** son un grupo de dímeros de fenilpropanoide unidos mediante un enlace 8-8'. Estructuralmente, y como su nombre indica, están relacionados con la lignina. Inicialmente se identificaron dos epoxilignanos: el (+) 1-acetoxipinoresinol y el (+) pinoresinol. Posteriormente se identificó en el aceite de oliva virgen el (1)-hidroxipinoresinol (Brenes *et al.*, 2000; Owen, *et al.*, 2000).

Introducción

- **Hidroxiisocromos:** pertenece a una nueva clase de fenoles, identificada en los últimos años. En el aceite de oliva virgen destacan el 1-fenil-6,7-dihidroxiisocromo y el 1(3'metoxil'hidroxi')fenil 6,7 dihidroxiisocromo (Bianco *et al.*, 2001).
- **Otros compuestos:** en el aceite de oliva también se encuentran otros compuestos que no pertenecen a ninguno de los grupos descritos hasta el momento. Algunos ejemplos son el aldehído fenólico vainillina y el verbascósido (heterósido del ácido cafeico y el hidroxitirosol).

La concentración final de CF en el aceite de oliva virgen depende de varios factores. Además de las condiciones climatológicas, las características de la tierra del cultivo y la variedad de la oliva, existen otros factores como el estado de maduración de las olivas, la tecnología de extracción del aceite, o el tiempo y condiciones de almacenamiento del mismo (Galli y Visoli, 1999; Gutfinger, 1981; Gimeno *et al.*, 2002).

Entre los CF presentes en el aceite de oliva, tienen especial interés los que poseen grupos orto-difenólicos, principalmente la oleuropeína y sus derivados, y el hidroxitirosol, ya que inhiben la oxidación de la LDL *in vitro* (Visioli *et al.*, 1995; Visioli y Galli, 1998; Visioli y Galli, 1999). La actividad antioxidante del hidroxitirosol es debida a su efecto quelante sobre los iones de metales y al efecto que ejerce secuestrando los radicales libres (Visioli y Galli, 1998).

5.6.4. Denominaciones de Origen Protegidas de aceite de oliva virgen

Las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) son un tipo de indicación geográfica aplicada a un producto agrícola o alimenticio, en este caso al aceite de oliva, cuya calidad o características se deben fundamental y exclusivamente al medio geográfico en el que se produce, transforma y elabora. Los productores que se acogen a una DOP se comprometen a mantener la máxima calidad y ciertos usos tradicionales en la producción.

En España las DOP se regulan a nivel europeo según los reglamentos (CE) nº 510/2006 y (CE) nº 1898/2006, existiendo actualmente 25 DOP de aceite de oliva virgen reconocidas a nivel español. A nivel europeo existen 94 DOP de aceite de oliva.

En Cataluña existen 5 DOP de aceite de oliva:

- **DOP Les Garrigues:** fue creada en 1975, aprobada a nivel nacional en el Boletín Oficial del Estado (BOE) en 1977 y aprobada a nivel europeo en 1996. Ocupa aproximadamente unas 35.000 ha en la comarca de Les Garrigues y zonas limítrofes de las comarcas del Segrià y Urgell, produciendo entre 5.000 y 6.000 t de aceite virgen. Se elabora a partir de

las variedades autóctonas Arbequina (90%) y Verdiell, que son recolectadas manualmente o con vibradores de tronco. Los aceites obtenidos son destinados al mercado nacional (40%) y a la exportación (60%). Se trata de aceites equilibrados, de frutado verde de intensidad media; en boca presentan sabor amargo y picante de tipo medio; suelen presentar aromas secundarios que recuerdan a hierba recién cortada, aceitunas y nueces verdes y, ocasionalmente, pueden presentar notas de alcachofa, frutas exóticas, frutas verdes y tomate verde, con una sensación final almendrada en boca.

- **DOP Siurana:** fue creada en 1977, reconocida a nivel nacional en el BOE en 1979 y aprobada por la Unión Europea en 1996. Ocupa unas 23.000 ha en la provincia de Tarragona y su producción oscila entre 6.000 y 7.000 t anuales de aceite virgen. Las variedades que se utilizan para su elaboración son la Arbequina (90%), Rojal y Morrut, que son recolectadas manualmente o con vibradores de ramas. La producción de aceite se destina al mercado nacional, principalmente envasado (60%) y el resto en graneles. Organolépticamente el aceite es equilibrado, bien construido, y se diferencian dos subtipos de aceite de la DOP según el momento de la recogida: frutado (procedente de la cosecha temprana, de color verdoso, con más cuerpo y un sabor ligeramente almendrado-amargo) y dulce (de color amarillento, más fluido, procedente de la cosecha más tardía).
- **DOP Oli de Terra Alta:** fue aprobada a nivel nacional en el BOE en 2002 y reconocida por la Unión Europea en 2005. Ocupa unas 13.000 ha en la comarca de la Terra Alta y en algunos municipios de la Ribera d'Ebre (Flix, Ribarroja y Ascó), en el interior de Tarragona. La principal variedad que se emplea es el Empeltre, aunque también se utilizan variedades como la Arbequina, Morrut y Farga, todas ellas recolectadas de modo manual o mediante vibradores de tronco. El aceite obtenido se destina a mercados locales y a autoconsumo de los socios productores, comercializándose a granel el exceso de producción. Es de color amarillento, con matices que varían desde el amarillo pálido hasta el amarillo dorado. Presenta muy buen sabor, siendo afrutado al inicio de la campaña y ligeramente dulce a la finalización de ésta. Sus aromas recuerdan a la almendra y a la nuez verde.
- **DOP Oli del Baix Ebre-Montsià:** fue reconocida a nivel nacional en el BOE en 2003 y aprobada por la Unión Europea en 2008. Ocupa unas 48.000 ha en las comarcas tarraconenses del Baix Ebre y Montsià. Su producción de aceite certificado es todavía muy reducida, ya que son pocos los productores que forman parte de la DOP. Las variedades base son el Morrut, Sevil·lenca y Farga, obteniéndose aceites equilibrados, de frutado verde de intensidad media, destinados a autoconsumo. La coloración de estos aceites varía en función de la época de cosecha y de la situación

Introducción

geográfica, oscilando del amarillo-verdoso al amarillo-dorado. Se trata de aceites sabrosos, aromáticos, afrutados a inicio de campaña y ligeramente dulces al final.

- **DOP Oli d'Empordà:** fue reconocida a nivel nacional en el BOE en 2008 y en agosto de 2012 todavía estaba pendiente de aprobación por la Unión Europea. Ocupa 2.500 ha en las comarcas costeras de Girona y su producción es todavía muy limitada (500 t de aceite virgen). Las variedades principales que se emplean para la elaboración de este aceite son Argudell, Curivell, Verdal de Cadaqués y Arbequina, usándose también pequeñas proporciones de otras variedades locales. El aceite resultante es equilibrado de frutado verde de intensidad media-alta. Presenta una complejidad notable, con aromas que recuerdan al hinojo, a la almendra y a los anises. El sabor y las sensaciones que desprende varían según el fruto, de este modo, las variedades Argudell y Corivell presentan un delicado equilibrio entre dulce y amargo, mientras que la variedad Verdal de Cadaqués da lugar a un aceite afrutado, maduro y con un cierto grado de picante.

6. ANTECEDENTES

6.1. EL USO DE ACEITES Y GRASAS EN PANIFICACIÓN

Aunque el pan se define como el producto resultante de la cocción de una masa de harina de trigo y agua potable, con o sin adición de sal, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria, es habitual encontrar en el mercado panes especiales que incorporan una gran variedad de ingredientes. De hecho, la fortificación y suplementación de los productos de panificación se está extendiendo como una práctica muy habitual a nivel mundial (Škrbić y Filipčev, 2008). Estas estrategias ofrecen la oportunidad de mejorar el nivel nutricional de la dieta de algunos grupos poblacionales (Gómez *et al.*, 2008; Adeleke, Odedeji, 2010; Mallard, Gray, Houghton, 2012).

De entre los numerosos ingredientes que pueden ser incorporados a la formulación del pan se encuentran los lípidos (margarinas, mantecas, aceites y grasas vegetales, grasas hidrogenadas, etc.). Estas grasas y aceites presentan distintas propiedades y son adecuados para elaborar varios tipos de productos de panificación. La elección de un tipo u otro frecuentemente se atañe a criterios tecnológicos y económicos, no teniendo en cuenta aspectos nutricionales (Caponio, *et al.*, 2011). Pero la incorporación de estos ingredientes a la masa de pan repercute a distintos niveles, principalmente: tecnológica, sensorial y nutricional.

Los cambios producidos en la estructura interna y en las características externas del producto final derivadas de la incorporación de grasas y aceites a la formulación de productos de panificación han sido ampliamente estudiados (Tamstorf *et al.*, 1998; Williams y Pullen, 2007). En 2008 Chin *et al.* definieron el nivel óptimo de incorporación de tres margarinas de aceite de palma con distintos puntos de fusión, situándose en el 4% la proporción óptima en la fórmula panaria, tanto para harinas fuertes como débiles. Además de indicar una posible reducción de la presencia de mohos, se observó que la adición de margarina de palma a niveles superiores al 4% provocaba migas de pan densas y bastas.

Estudios llevados a cabo por Caponio *et al.* (2009) resaltaron la influencia del proceso de producción y del tiempo de almacenamiento en la calidad de la fracción lipídica del tarallo o tarallino (producto horneado tradicional de algunas regiones italianas, en forma de rosquilla y elaborado con una masa base compuesta por harina, agua, aceite y sal). Sobre este mismo producto, posteriormente estos autores (Caponio *et al.*, 2011) mejoraron la calidad de la fracción lipídica mediante la formulación con aceite de oliva virgen *extra*, en detrimento del uso de aceite de oliva, aceite de orujo de oliva o aceite de palma. De hecho, exceptuando algunas investigaciones referentes al perfil de ácidos grasos, son pocas las investigaciones que se han centrado en el impacto de la fase de horneado en el estado oxidativo de la fracción lipídica de los productos de panificación. Estudios realizados en *focaccia* (Delcuratolo, 2008) demostraron que el proceso de cocción (20 minutos a 220°C) provoca una oxidación relativamente poco importante en el aceite de oliva. Además estos estudios confirmaron que el aceite de oliva virgen *extra*, gracias a la

presencia de compuestos antioxidantes de forma natural, y a su perfil de ácidos grasos, presenta una buena resistencia a la oxidación térmica.

En 2008, Chin *et al.* demostraron que el uso de margarina vegetal (elaborada 100% a partir de aceites vegetales refinados mezclados con dos o más aceites parcialmente hidrogenados) puede proporcionar distintos aspectos positivos en los productos de panificación, como son: efecto lubricante mediante sensación húmeda en la boca durante su masticación, miga tierna y bien aireada debida a una mejor lubricación del gluten, mayor vida útil por una mejor firmeza de miga y mayor volumen en el producto final. En general, la incorporación de margarina (100% vegetal o no) a la formulación panaria mejora la calidad del pan y permite obtener productos de mayor volumen, debido a una mejor capacidad de retención de gas (Chin *et al.*, 2008; Huang *et al.*, 2008).

Paralelamente, Liu, *et al.* (2010) demostraron que la incorporación de una mezcla interesterificada de manteca de vacuno con aceite de canola a la formulación del pan, junto con azúcar, leche en polvo y huevos, reduce la dureza en el pan. Este fenómeno se produce en mayor grado cuanto mayor es la proporción de aceite de canola en la mezcla.

Si bien los efectos de la incorporación de grasas y aceites en la masa de pan y en la calidad del producto final han sido estudiados ampliamente (D'Appolonia y Kunerth, 1984; Brooker, 1996; Nor Aini y Che Maimon, 1996; Gujral y Singh, 1999; Smith y Johansson, 2004; Agyare *et al.*, 2005; Chin *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2008), no existen evidencias científicas de la incorporación de aceite de oliva a la matriz panaria en términos relativos a propiedades reológicas, tecnológicas, sensoriales y nutricionales.

6.2. TENDENCIA DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES EN PANADERÍA

La relación entre alimentación y salud tiene un impacto creciente en la innovación del sector alimentario debido a la popularidad adquirida por el concepto de alimento funcional (Balestra *et al.*, 2011). Actualmente la población prefiere consumir alimentos saludables con la finalidad de prevenir enfermedades no transmisibles, razón por la que la industria panadera y los investigadores se han volcado en optimizar el proceso tecnológico de elaboración del pan y mejorar su variedad, calidad, sabor y disponibilidad (Hathorn *et al.*, 2008).

La aceptación por parte de los consumidores, tanto en referencia a aspectos visuales, de sabor y de textura, juega un papel importante en el desarrollo de productos de panadería funcionales (Siró *et al.*, 2008), motivo por el cual la mayoría de investigaciones incluyen estudios sensoriales a lo largo del desarrollo del nuevo producto (De Conto *et al.*, 2012; Holtekjølen *et al.*, 2008; Škrbić y Filipčev, 2007; De Aguiar *et al.*, 2011; Caponio *et al.*, 2011). De entre los ingredientes que pueden incorporarse a la formulación del pan para convertirlo en un alimento funcional

Antecedentes

destacan aquellos que permiten el aumento de su contenido en antioxidantes naturales, como es el caso de los compuestos fenólicos (CF).

Una de las vías más comunes para aumentar el contenido fenólico de los productos de panificación es a partir del uso de harinas integrales de cereales, ya que éstos son una buena fuente natural de antioxidantes (Manach *et al.*, 2004). Los antioxidantes en los cereales se pueden encontrar en forma de compuestos fácilmente extraíbles o libres y en formas menos extraíbles (ligadas), ya que se pueden unir covalentemente a otras moléculas como los arabinosilanos (Holtekjølen *et al.*, 2008).

Un ejemplo de ello es el uso de harina de cebada, cereal que contiene una cantidad de fibra importante, además de CF, aunque existen diferencias entre variedades de cebada. En 2008, Holtekjølen *et al.*, evaluaron las propiedades antioxidantes de panes elaborados con distintas harinas de cebada, junto con el estudio del efecto del horneado y almacenaje del pan sobre estas propiedades antioxidantes. Los resultados de este estudio permitieron determinar que las propiedades antioxidantes de los panes dependen de la variedad de cebada usada (mayor en Tyra y Cindy), siendo el proceso de horneado y el proceso de almacenamiento factores poco significantes.

Centrándonos en el procesado térmico que caracteriza el proceso de elaboración de los productos de panificación, estudios recientes han mostrado que la actividad biológica de los alimentos procesados térmicamente se ve incrementada, o bien no se ve afectada por el tratamiento con calor (Jing y Kitts, 2000; Dewanto *et al.*, 2002; Yung, Lee y Hwang, 2004; Gorinstein *et al.*, 2005; Jeong y Woo, 2006; Lin y Chang, 2005; Turkmen, Sari y Velioglu, 2005).

En 2011 Han y Koh evaluaron el efecto del proceso de horneado sobre la actividad antioxidante del ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido siríngico y ácido gálico. Las investigaciones mostraron que la actividad antioxidante y el contenido residual de ácidos fenólicos libres se ven reducidos durante el proceso de amasado pero que, posteriormente, incrementan durante las etapas de fermentación y horneado, correlacionándose fuertemente con la actividad antioxidante de los ácidos fenólicos antes de iniciar el procesado.

Volviendo a los mecanismos de incorporación de fenoles a los productos de panificación, también es posible aumentar el contenido fenólico a través de la incorporación de ingredientes distintos a los cereales. Balestra *et al.*, en 2011 evaluaron la posibilidad de obtener un pan rico en antioxidantes con propiedades químicas y sensoriales adecuadas a partir de la incorporación de jengibre en polvo, además de evaluar los efectos sobre las propiedades reológicas de una masa y pan de harina de trigo. El estudio mostró que la incorporación de jengibre en polvo a niveles del 3% no altera la manejabilidad y propiedades reológicas de la masa, sin embargo a niveles superiores se producen alteraciones que afectan a la calidad del pan. Los resultados del análisis sensorial sugirieron que la adición de jengibre

en polvo a la formulación del pan afecta a la aceptabilidad de éste, de hecho cuanto menor fue la adición de jengibre en polvo mayor fue la aceptabilidad global. En relación a la capacidad antioxidante, se comprobó que el jengibre en polvo aumenta notablemente el contenido en fenoles totales y la capacidad de captación de radicales libres de los extractos de pan. A partir de los resultados de este estudio se puede considerar al jengibre en polvo como un ingrediente potencialmente funcional.

También es posible la incorporación de ácidos grasos a la formulación del pan, ya sea de manera directa o a través de algún ingrediente que los contenga. Un ejemplo puede ser la incorporación de aceite de pescado, que contiene EPA y DHA, aunque en 2006 Ackman estableció que es altamente inestable y susceptible a la oxidación en presencia de luz y oxígeno, perdiendo sus cualidades funcionales y sensoriales. Por este motivo, en 2012, De Conto *et al.* plantearon la posibilidad de incorporar ácidos omega-3 microencapsulados a la formulación del pan, protegiendo a los ÁGP de factores externos desencadenantes de procesos oxidativos. El resultado de la investigación mostró que la adición de omega-3 microencapsulado provoca efectos sobre varios parámetros del producto final como son el volumen específico, la firmeza, el color y algunas características sensoriales. No obstante, la microencapsulación protegió de la oxidación al omega-3 al ser sometido a temperaturas de horneado.

Otra vía muy importante de enriquecimiento a través de ÁGP es la utilización de semillas oleaginosas. Es importante destacar que los panes enriquecidos con combinaciones de semillas oleaginosas son fácilmente aceptados por los consumidores, tal como indica un estudio de Škrbić y Filipčev (2008). Los resultados de éste estudio llevaron a la conclusión de que las semillas de girasol pueden ser añadidas a la formulación del pan a niveles del 16% (en base harina) sin provocar efectos adversos significativos en el color de la corteza, estructura y uniformidad de la miga del producto final. Posteriormente, en 2011, De Aguiar *et al.*, evaluaron la sustitución parcial de aceite de soja por aceite de linaza en un pan de trigo integral enriquecido con omega-3. La investigación demostró una elevada capacidad de retención de omega-3 en el producto final que se atribuyó a la presencia del aceite de linaza.

En la bibliografía publicada existen una gran cantidad de investigaciones dirigidas al desarrollo o evaluación de panes con propiedades antioxidantes a partir de la incorporación de compuestos, extractos e ingredientes muy diversos. Algunos ejemplos pueden ser la incorporación de pasta de frutos secos (Gómez *et al.*, 2012), harina de sorgo (Yousif *et al.*, 2012), fibra soluble e insoluble (Rageee *et al.*, 2011), cúrcuma (Lim *et al.*, 2011), ingredientes a base de melaza de remolacha azucarera (Filipčev *et al.* 2010), extractos de té verde (Bajerska *et al.*, 2010) y harina de ñame (Hsu *et al.*, 2004). Sin embargo, la utilización del aceite de oliva virgen extra como ingrediente en la formulación de productos de panificación abre nuevas perspectivas y constituye un vacío que es necesario examinar.

7. HIPÓTESIS

Hipótesis

El pan es un alimento básico en la alimentación humana, se trata de un alimento derivado del trigo, que forma parte de la tríada de la Dieta Mediterránea (la tríada de la Dieta Mediterránea está formada por los cereales, la vid y el olivo) y se sitúa en la base de la pirámide de la alimentación. Es un alimento consumido diariamente por todos los sectores de población (niños, mujeres gestantes, adultos, personas de la tercera edad, etc.), cuya composición en macro y micronutrientes lo convierte en un producto de interés nutricional.

Por otro lado, el aceite de oliva virgen, componente también derivado de la tríada de la Dieta Mediterránea, es un alimento al que se atribuyen numerosos efectos beneficiosos para la salud por su contenido en ácidos grasos insaturados, especialmente ácido oleico, y por su contenido en antioxidantes naturales, concretamente compuestos fenólicos. Sin embargo, la concentración de fenoles en el aceite de oliva virgen es muy variable y está condicionada por diferentes factores agronómicos y tecnológicos. Es precisamente por esta razón que no toda la población se beneficia de los efectos del consumo del aceite de oliva virgen extra.

El desarrollo de un producto de panificación con aceite de oliva virgen en su composición pretende, entre otros fines, vehicular el consumo de este aceite a través de un alimento de consumo diario y en cantidades importantes, como es el pan.

No obstante, es importante destacar que aunque la adición de aceite de oliva virgen al pan puede mejorar su calidad nutricional, ya que es rico en grasas monoinsaturadas (ácido oleico), fitoesteroles, vitamina E, vitamina K y compuestos fenólicos, también puede afectar a las características reológicas y calidad de la masa, así como a la calidad del producto final. Por este motivo es necesario determinar la concentración óptima de trabajo de aceite de oliva virgen sin afectar negativamente a las propiedades tecnológicas y reológicas de la masa, ni a la aceptación sensorial del producto final.

8. OBJETIVOS

Objetivos

8.1. OBJETIVO GLOBAL

El objetivo global de esta tesis es la mejora de las propiedades tecnológicas y del perfil sensorial y nutricional del pan, mediante la incorporación del aceite de oliva virgen como ingrediente. La elección del aceite de oliva virgen como ingrediente, responde a su contenido en CF con propiedades antioxidantes y a su perfil de grasa monoinsaturada con un elevado contenido de ácido oleico. La mejora del producto se realizará sobre un pan seleccionado a partir de los productos de panadería y bollería tradicionales de la provincia de Lleida.

8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para la consecución de este objetivo se han planteado los siguientes objetivos parciales:

Objetivo 1. Seleccionar, estudiar la formulación, analizar el proceso de elaboración y caracterizar nutricionalmente (contenido de humedad, proteína, grasa, hidratos de carbono, cenizas y valor energético) productos de panadería y bollería tradicionales de la provincia de Lleida.

Objetivo 2. Identificar el producto de mayor interés desde el punto de vista comercial y mejorar su fórmula, mediante la incorporación de aceite de oliva virgen como ingrediente.

Objetivo 3. Determinar los efectos de la incorporación de aceite de oliva virgen sobre las propiedades físicoquímicas y reológicas de la masa y su repercusión en el producto final (volumen específico, perfil sensorial y composición nutricional), con la finalidad de establecer la concentración óptima de aceite de oliva virgen en la fórmula panaria.

Objetivo 4. Desarrollar un prototipo de pan enriquecido en compuestos fenólicos del aceite de oliva mediante estrategias de mejora de proceso y de formulación.

Objetivo 4.1. Establecer el formato de producto y la combinación de temperatura-tiempo de la etapa de horneado óptimos para minimizar la degradación de compuestos fenólicos durante el proceso de elaboración del pan y preservar su contenido en el producto final.

Objetivo 4.2. Determinar la fuente de compuestos fenólicos del aceite de oliva más adecuada para su uso como ingrediente en la formulación de la masa panaria, como estrategia para incrementar el contenido fenólico del pan.

Objetivo 4.3. Determinar el efecto del enriquecimiento en compuestos fenólicos sobre las características sensoriales de los diferentes prototipos de pan.

9. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales y métodos

9.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE PRODUCTOS DE PANADERÍA Y BOLLERÍA TRADICIONALES DE LA PROVINCIA DE LLEIDA

Para la identificación y caracterización nutricional de los productos de panadería y bollería elaborados con base harina que forman parte del trabajo, se han seguido las siguientes fases y metodología:

9.1.1. Selección de productos

Mediante reuniones periódicas con el Presidente del “Gremi de Flequers de la Província de Lleida”, D. Manel Llaràs, se han valorado y estudiado los productos aspirantes a formar parte del estudio. A lo largo de las reuniones se han descartado aquellos productos que no han cumplido con los requisitos necesarios para ser objeto de estudio y se ha seleccionado a los candidatos. Los requisitos para que un producto pudiera formar parte del trabajo han sido:

- a. Que el producto solo se elabore y comercialice en la provincia de Lleida. En este punto se ha permitido alguna excepción, ya que a lo largo del tiempo los productos pueden haber ganado territorio o puede existir un producto similar en algún otro punto de la geografía, tanto catalana como española.
- b. Que el producto sea suficientemente popular entre la población de la comarca de donde éste es típico.
- c. Que el producto se elabore de manera artesanal, excluyendo a los productos elaborados industrialmente.

9.1.2. Muestreo y recopilación de información

Una vez seleccionados los productos, se ha designado al obrador donde se han recogido las muestras, previa llamada y concertación de cita. La selección del obrador se ha efectuado a criterio del “Gremi de Flequers de la Província de Lleida”, teniendo en cuenta a los 250 obradores existentes en la provincia.

En cada una de las citas se ha visitado el obrador, entrevistado al panadero y/o dueño, tomado fotografías y recogido las muestras necesarias. En alguna de las visitas también se ha participado en el proceso de elaboración del producto.

De cada producto se ha rellenado un formulario donde se ha recogido la siguiente información, necesaria para la elaboración posterior de la ficha técnica de cada producto:

- Nombre del establecimiento

- Persona de contacto
- Población
- Fecha de recogida
- Nombre del producto
- Ingredientes
- Proceso de elaboración
- Forma de presentación a la venta
- Descripción física del producto
- Etnografía
- Aspectos socioeconómicos
- Observaciones.

Los productos muestreados se detallan a continuación, así como la población y comarca donde se han recogido: Pan de los templarios, Lleida (El Segrià); Pan de caracol, Lleida (El Segrià); *Orelletes*, Lleida (El Segrià); Coca de panadero, Coll de Nargó (L'Alt Urgell); Pan de nueces, Martinet (La Cerdanya); Pan de aceite, Martinet (La Cerdanya); *Pa de pagès*, La Fuliola (L'Urgell); *Llonguet*, Lleida (El Segrià); Pan de *Torró d'Agramunt*, Lleida (El Segrià); Coca de huevo, Vilaller (L'Alta Ribagorça); Coca de pan, Camarasa (La Noguera); Galletas de La Noguera Pallaresa, Sort (El Pallars Sobirà); *Panadons* de espinacas, Camarasa (La Noguera); *Pa de Ronyó*, Les Borges Blanques (Les Garrigues); Pan de cerveza San Miguel®, Lleida (El Segrià); *Coca de Recapte* (atún), Lleida (El Segrià).

La **Figura 7** muestra la ubicación de los obradores visitados y encuestados, donde se han recogido los dieciséis productos que forman parte del estudio. El muestreo se ha realizado progresivamente a lo largo de 5 meses, en el período comprendido entre julio y noviembre de 2009. De cada producto se han recogido dos o tres unidades, en función del tamaño de la unidad. De este modo, se han recogido dos unidades de aquellos productos de gran tamaño, mientras que se han recogido tres unidades de los productos de menor tamaño.

Materiales y métodos



Figura 7. Situación de los obradores de muestreo.

9.1.3. Análisis nutricional

Las muestras recogidas se han analizado en el laboratorio de Industrias del Departamento de Tecnología de Alimentos de la *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària* de la Universitat de Lleida (ETSEA, UdL).

Para la realización de los análisis nutricionales se ha triturado la muestra mediante un molino con cámara de acero inoxidable (Molino Universal IKA® M20, modelo IW1603600, Satufen, Alemania) durante un minuto exacto. Las muestras con un contenido mayor de grasa (*Orelletes*, Galletas de La Noguera Pallaresa, *Panadons* de espinacas y *Coca de Recapte*) no se han triturado con el molino, sino que se ha utilizado un mortero para evitar así la formación de una masa compacta.

Los parámetros de composición básica analizados necesarios para el cálculo del valor energético han sido:

- **Humedad (%)**, en estufa a 130°C durante hora y media. (*Instituto de Racionalización del Trabajo. Una Norma Española 34.400 h 5.; Métodos de la Asociación Internacional de Química Cerealista (I.C.C.)*).
- **Cenizas (% MH)**, en mufla a 910°C hasta conseguir que el residuo sea prácticamente blanco o gris. (*Instituto de Racionalización del Trabajo. Una Norma Española 34.400 h 8.; Método de la Asociación Internacional de Química Cerealista (I.C.C.)*). El contenido de cenizas está directamente relacionado con el contenido de minerales, por lo que a lo largo del documento el término “cenizas” será sustituido por el término “minerales”.
- **Proteína (% MH)**, mediante determinación del contenido de nitrógeno total con el método Kjeldahl. (*Instituto de Racionalización del Trabajo. Una Norma Española 24.400 h 7.; Métodos de la Asociación Internacional de Química Cerealista (I.C.C.)*).
- **Grasa (% MH)**, mediante extracción con un solvente orgánico en un extractor tipo Soxhlet a 55°C durante 4 horas. (*American Association of Cereals Chemists. Cereal Laboratory methods, 1967. Método 30-20*).
- **Hidratos de carbono (% MH)**, calculados mediante diferencia por la siguiente fórmula:

$$HC (\% MH) = 100 - (Humedad \% + Minerales \% MH + Proteína \% MH + Grasa \% MH)$$

- **Energía (Kcal./100g)**, calculada mediante la siguiente fórmula:

$$Energía (Kcal./100g) = (\% Proteína MH * 4) + (\% Grasa MH * 9) + (\% HC * 4)$$

- **Energía (Kcal./ración)**, entendiéndose como ración la porción ingerida de producto en cada comida. El peso de ración para cada producto es diferente, especificándose para cada caso en la **Tabla 13** del apartado de Resultados.

9.1.4. Elaboración de fichas individuales

En base a la información recopilada durante la fase de muestreo y, teniendo en cuenta los resultados de composición nutricional obtenidos, se ha estudiado cada producto y se ha elaborado una ficha técnica para cada uno de ellos, en las que se ha incluido: fotografía del producto, lugar de elaboración, formulación, proceso de elaboración, aspectos etnográficos y socioeconómicos, composición nutricional y potencialidad de certificación con una marca de calidad.

Materiales y métodos

9.1.5. Tratamiento estadístico

Con los resultados del análisis de los parámetros de composición básica analizados y el valor energético calculado se ha elaborado una tabla común y se han evaluado las diferencias de composición entre los diferentes productos mediante un análisis de componentes principales con el programa estadístico SAS (SAS Enterprise Guide V2).

9.2. DEFINICIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE TRABAJO DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN EN UNA MATRIZ PANARIA

9.2.1. Estudios previos

A partir de los 16 productos de panadería y bollería tradicionales de la provincia de Lleida, por su propio valor nutricional, por la importancia del aceite de oliva en la Dieta Mediterránea y por la potencialidad de convertirse en un producto con efectos beneficiosos para la salud, se ha escogido al pan con aceite como producto a desarrollar tecnológicamente y funcionalmente. Antes de realizar ningún ensayo de panificación han sido necesarios varios estudios previos para conocer el estado actual del producto: revisión de las patentes publicadas, estudio de las principales materias primas, estudio del proceso y estudio de la oferta en el mercado de este tipo de productos.

Se ha realizado una búsqueda de patentes publicadas que relacionen el aceite de oliva con los productos de panificación, con la finalidad de detectar productos ya patentados que pudieran invalidar la novedad del producto desarrollado y su potencial patentabilidad. La búsqueda se ha realizado en la base de datos de la Oficina Española de Patentes y Marcas, Espacenet.

Paralelamente se ha realizado un estudio previo de los productos y subproductos de los cereales y tipos de aceite de oliva virgen extra a utilizar en el desarrollo del producto. Para la elección de la harina se han tenido en cuenta los parámetros proporcionados en las fichas de especificaciones técnicas de éstas. La elección del tipo de aceite se ha realizado en función de los parámetros físico-químicos de calidad comercial, como la acidez libre, el índice de peróxidos, el índice de absorbancia a 270 nm, el contenido en impurezas y el origen geográfico.

Se ha estudiado el proceso de panificación y las alternativas a este para elaborar un pan con aceite de oliva virgen en su formulación. Se han tenido en cuenta los datos recogidos durante la visita al obrador situado en Martinet de la Cerdanya, de la que se han obtenido datos referentes al pan con aceite y a su proceso de elaboración.

Con la finalidad de conocer la oferta de productos con base harina que incorporan aceite de oliva en su formulación e identificar mercados potenciales, se ha

realizado un pequeño análisis de mercado en el entorno local de la provincia de Lleida.

9.2.2. Definición de las especificaciones del producto: formulación y tecnología de panificación

9.2.2.1. Análisis de los ingredientes

Con el objetivo de determinar las características físico-químicas de la harina seleccionada se han realizado distintas determinaciones, complementarias a los parámetros proporcionados en la ficha de especificaciones técnicas suministrada por el fabricante. Se han realizado análisis de laboratorio para determinar los parámetros siguientes:

- **Contenido en humedad:** determinado mediante el Inframatic 8600 (Perten Instruments, Hägersten, Suecia).
- **Estabilidad y absorción de agua (farinograma):** mediante el Farinógrafo E (Brabender® GmbH & Co. KG, Kulturstr, Duisburg, Alemania) se ha determinado el comportamiento de la harina durante la fase de amasado. Para calcular la absorción de agua de la harina seleccionada se ha registrado una curva de titración o farinograma ajustando la consistencia de la masa a 500 FU, de acuerdo al método estándar ICC nº 115/1.

El Farinógrafo E se utiliza para establecer las características y aptitudes de las harinas durante el amasado. Se trata de una determinación ampliamente extendida y que permite obtener información de interés para lograr masas óptimas, incrementando o reduciendo la velocidad en un tiempo constante. Uno de los parámetros más importantes que se obtienen mediante este equipo es el tiempo de estabilidad (min), que indica la tolerancia a la fermentación que posee una harina cuando esta se humedece y amasa.

Mediante este equipo se determinan, además de la capacidad de absorción de agua de la harina (mL/100g) y el comportamiento de las masas elaboradas a partir de esta, la consistencia o resistencia (en FU, Unidades Farinográficas) que exhiben las masas al ser amasadas a una velocidad constante en el Farinógrafo.

- **Coefficiente de retención (R):** con el Reofermentómetro F3 (Chopin Technologies®, Villeneuve-la-Garenne Cedex, France) se ha determinado la capacidad de desarrollo de la masa elaborada con la harina seleccionada, así como su desprendimiento gaseoso, según el protocolo estándar de Chopin (temperatura de ensayo 28,5°C, peso de la muestra analizada 315 g y peso aplicado a la muestra 2 kg), reduciendo el tiempo de ensayo a 2 horas.

Materiales y métodos

La determinación de las curvas de desarrollo de la masa y liberación de gases con el Reofermentómetro permite estudiar el comportamiento de la masa durante su fermentación, ya que para la ejecución del análisis la masa es preparada con levadura. Una vez finalizado el ensayo, el equipo proporciona dos curvas para cada muestra analizada: la primera de ellas indica la variación de volumen (altura) de la masa causada por el CO₂ producido y el CO₂ retenido en la red de gluten durante la fermentación; la segunda corresponde al registro de gas desprendido.

De este modo, mediante el Reofermentómetro, se mide el gas total producido, el volumen de CO₂ retenido y el de CO₂ perdido. Estos parámetros están relacionados con la calidad del gluten y son de gran utilidad para predecir la aptitud panadera de las harinas en los procesos de panificación.

- **Índice de caída:** mediante el Falling Number 1310 (Perten Instruments, Hägersten, Suecia) se ha determinado la actividad alfa amilásica de la harina, conocida como índice de caída, según el protocolo estándar ICC nº 107/1.

El índice de caída está relacionado con la calidad de la miga obtenida en el producto final.

- **Contenido en cenizas:** se ha determinado mediante el Inframatic 8600 de Perten, de acuerdo al método estándar ICC nº 104/1.

El contenido en cenizas está relacionado directamente con la tasa de extracción de la harina respecto al grano. A mayores niveles de cenizas les corresponden mayores tasas de extracción.

- **Contenido en gluten seco e índice de gluten:** mediante el Glutomatic System 2200 (Perten Instruments, Hägersten, Suecia) se ha determinado el contenido en gluten seco y el índice de gluten, según el protocolo estándar ICC nº 155.

La aptitud industrial del trigo depende, en gran parte, de la cantidad y la calidad de proteínas que contiene. El Glutomatic utiliza la misma sistemática que el lavado manual del gluten (método tradicional actualmente sustituido por el Glutomatic System 2200) y constituye una prueba muy fiable al laboratorio, utilizando poca cantidad de muestra y permitiendo obtener resultados en pocos minutos.

Para el resto de ingredientes, exceptuando el agua, se han considerado los parámetros indicados por el fabricante o elaborador. En el caso del agua se han realizado análisis de calidad de acuerdo a las normas UNE-EN (ISO 27888:1993; ISO 7027:2001; ISO 9963-2:1994; ISO 77040:2002; ISO 14911:1998; ISO 10304-2:1995).

9.2.2.2. Evaluación tecnológica de las masas panarias formuladas con aceite de oliva virgen

Partiendo de una formulación base se han realizado ensayos de panificación en laboratorio y se han valorado las características tecnológicas de las masas obtenidas. El amasado se ha realizado en amasadoras de laboratorio (KitchenAid 5KSM150PS, Saint Joseph, Michigan, Estados Unidos), con capacidad de 4,83 L, durante un total de doce minutos: los cuatro primeros a 71 rpm y los ocho restantes a 91 rpm. Los ingredientes se han incorporado a la amasadora según el orden: harina, sal, levadura, agua y aceite de oliva virgen extra. En las fórmulas con un porcentaje de aceite de oliva elevado, la adición del aceite se ha realizado gradualmente a la masa, una vez iniciada la etapa de amasado.

Para cada una de las masas ensayadas se ha realizado:

9.2.2.2.1. Evaluación físico-química

Se ha realizado una medición de temperatura y pH a cada una de las masas en el momento de finalización del amasado.

Temperatura: al finalizar el amasado se ha registrado la temperatura interior de las masas mediante un termómetro digital (modelo 5989 ST-9263A, Herter Instruments, S.L., Barcelona, España).

pH: el grado de acidez de las masas se ha determinado mediante un pHímetro portátil PH25 usando un electrodo de penetración de acero inoxidable, modelo 5053T (Crison Instruments S.A., Alella, Barcelona, España) (Figura 8).



Figura 8. Medición de pH de la masa.

9.2.2.2.2. Evaluación reológica

Extensograma: con el Extensógrafo E (Brabender® GmbH & Co. KG, Kulturstr, Duisburg, Alemania) se han determinado los principales parámetros relacionados con la extensibilidad de las masas después de 45, 90 y 135 minutos de reposo en las cámaras de reposo del extensógrafo (29

Materiales y métodos

$\pm 1^\circ\text{C}$). Los parámetros determinados han sido: energía (cm^2), resistencia (BU, Unidades Brabender), elasticidad (mm), máximo (BU), relación de tensión y relación de tensión máxima. El tiempo de reposo, así como las mediciones, se han llevado a cabo según el método estándar ICC nº 114/1.

El Extensógrafo es un indicador del potencial panificador de la masa y de su plasticidad. Una buena relación entre resistencia y extensibilidad es indicativa de la textura y el volumen de la masa.

Reofermentómetro: mediante el Reofermentómetro F3 (Chopin Technologies®, Villeneuve-la-Garenne Cedex, France) se ha determinado la capacidad de desarrollo de las masas y el desprendimiento gaseoso, según el protocolo estándar de Chopin (temperatura de ensayo $28,5^\circ\text{C}$, peso de la muestra analizada 315 g y peso aplicado a la muestra 2 kg), reduciendo el tiempo de ensayo a 2 horas. La composición de la masa, es decir, los porcentajes de agua y aceite de oliva virgen, se ha modificado según la formulación a analizar.

9.2.2.3. Pruebas de panificación en planta piloto y valoración del producto

9.2.2.3.1. Pruebas de panificación

El desarrollo de pruebas de panificación en planta piloto tiene una gran importancia, ya que permite reproducir a escala reducida las condiciones y factores que intervienen en el proceso de elaboración a escala real. La planta piloto de Innopan (200 m^2), donde se han realizado los ensayos, aunque recibe el nombre de planta piloto, reproduce a escala real un obrador de panificación.

A partir de los resultados obtenidos en el laboratorio se han ajustado los procesos de panificación para cada una de las formulaciones ensayadas. Para registrar y controlar todas las variables que intervienen en el proceso de panificación se ha desarrollado una ficha específica (**Figura 9**) para el proceso de elaboración de pan con aceite de oliva. El proceso de panificación ha seguido un protocolo estándar:

- Pesaje de los ingredientes.
- Incorporación de los ingredientes a la amasadora de sobremesa según el orden: harina, sal, levadura, agua y aceite.
- Amasado durante doce minutos: los cuatro primeros a 71 rpm y los ocho restantes a 91 rpm.
- Reposo en bloque 10 minutos a temperatura ambiente, división manual de la masa en piezas de 260 g, reposo en bola 10 minutos a

temperatura ambiente y formado de barras con una formadora automática.

- Tiempo de fermentación según resultados obtenidos con el Reofermentómetro, a 30°C y 85% de humedad relativa en armario de fermentación.
- Cocción con vapor a 190°C durante 25-30 minutos.

Este protocolo se ha aplicado mediante la utilización de los siguientes equipos de la planta piloto de Innopan:

- Amasadora de sobremesa semi industrial KitchenAid 5KSM150PS (KitchenAid, Saint Joseph, Michigan, Estados Unidos): debido al volumen de las masas elaboradas se ha utilizado una amasadora de sobremesa con una capacidad de 4,83 L.
- Enfriador y dosificador de agua EA-175 (Salva Industrial S.A., Lezo Gipuzkoa, España): se ha controlado la temperatura del agua añadida a la formulación con la finalidad de que la temperatura de las masas al final del amasado se sitúe en el rango óptimo, aproximadamente 25°C.
- Formadora de barras tipo F-700-D (modelo 1406/03, Salva Industrial S.A., Lezo Gipuzkoa, España): con la finalidad de dar formato a las masas se ha utilizado una formadora mecánica de barras asegurando, de este modo, que todas las piezas sean sometidas a la misma fuerza de compresión durante el formado y conseguir así una mayor homogeneidad.
- Armario de fermentación tipo FC-22 (modelo Iverpan 00, Salva Industrial S.A., Lezo Gipuzkoa, España): para la fermentación de las piezas se ha utilizado una cámara de fermentación con capacidad para 22 bandejas, preparada para trabajar en un rango de temperatura comprendido entre -3°C y +40°C, con una humedad relativa de hasta el 90%.
- Horno eléctrico modular polivalente (tipo LXP-20 vapor, modelo ST-02, Salva Industrial S.A., Lezo Gipuzkoa, España): la cocción de las piezas ha tenido lugar en un horno eléctrico formado por tres módulos de cocción de 20 cm de altura útil, con solera cerámica y mecanismo de producción de vapor independientes para cada módulo. Cada uno de los módulos permite, además, controlar la potencia para techo, suelo y boca.

Paralelamente a las pruebas de panificación con distintos porcentajes de aceite de oliva en la formulación, se han diseñado cuatro procesos de elaboración con variables de proceso distintas y, a partir de estos, se han definido las condiciones idóneas para el proceso de panificación.

Materiales y métodos

Cuaderno: Hora inicio: Hora fin: Fecha:
 Hoja: Tª ext. (°C): Tª planta (°C): HR(%) planta:

ACTIVIDAD					
Proyecto			Ensayo		
FORMULACIÓN					
Mat. Primas	Descripción	% P	Peso (g)	Tª (°C)	Incorporación
Harina					
Agua					
Levadura					
Sal					
Aceite de oliva					
Otras					
PROCESO					
Pesado					
Amasado	Tipo:				
	Tiempo vel. 1a (min):		Tiempo total:		
	Tiempo vel. 2a (min):				
	Peso masa (g):				
	Tª final amasado (°C):				
	pH final amasado:				
Reposo en bloque	Tiempo / Lugar:				
División y pesado					
Reposo en bola	Tiempo:				
Formado					
Fermentación	Fermentadora:		Tª (°C):	HR (%):	t (min):
Greñado					
Cocción	Horno:	Vapor:	Configuración:	Tª (°C):	t (min):
Enfriamiento	Condiciones:				
Producto acabado	Cantidades y pesos:				
	Dimensiones:				

Figura 9. Detalle de la ficha de registro de planta piloto.

9.2.2.3.2. Evaluación sensorial de los productos obtenidos en planta piloto

La evaluación sensorial del producto acabado se ha realizado con la participación del panel de cata de Innopan. De este modo, en función de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, se ha adecuado el proceso de panificación y la formulación para los siguientes ensayos.

El panel de cata de Innopan está formado por nueve catadores expertos que llevan entrenando en la evaluación sensorial de productos con base harina, en especial productos de panificación, desde hace más de 4 años.

Se han realizado 3 sesiones sensoriales en la sala de catas de Innopan para evaluar los panes con aceite de oliva desarrollados en planta piloto. La metodología seguida ha sido la desarrollada por Elía en 2011, resumida en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Metodología aplicada en la evaluación sensorial.

	Muestra	Metodología básica
Determinación del sabor y flavor, olor y textura	4 piezas de 2 cm x 2 cm	Evaluación del olor de la miga y corteza separadamente. Primero evaluación de los atributos de olor, seguida de la evaluación de sabor y flavor. La textura es evaluada en último lugar. Recipiente para la evaluación: copas de cata de aceite tapadas con un vidrio de reloj.
Determinación de la apariencia	Pieza entera	Cada juez evalúa la misma muestra, para evitar errores de muestra. Evaluación de la greña. Evaluación de la pieza completa.
	Pieza cortada por la mitad	Cada juez evalúa la misma mitad de muestra, para evitar errores de muestra.

Fuente: Elía, 2011.

Se ha evaluado la intensidad de los atributos referentes a olor, sabor, flavor, textura y apariencia visual, usando una escala lineal continua de 10 puntos. La **Tabla 8** recoge los atributos evaluados en cada muestra, en cada sesión sensorial y por cada uno de los catadores del panel de catadores de Innopan.

Materiales y métodos

Tabla 8. Atributos evaluados en la evaluación sensorial.

Grupo	Relación de atributos	Breve descripción
Olor	Ácido acético	Olor agrio asociado al vinagre
	Ácido butírico	Olor asociado a leche regurgitada
	Grasa láctea	Olor asociado a la grasa de la leche
	Tostado/humo	Olor asociado a notas de tostado y fuego
	Levadura	Olor parecido a levadura fermentada
	Paja	Olor general asociado a campo de cereales maduros
Sabor y flavor	Dulce	Sabor dulce básico
	Salado	Sabor salado básico
	Ácido	Sabor ácido básico
	Paja	Flavor general asociado a campo de cereales maduros
	Levadura	Flavor parecido a levadura fermentada
	Tostado	Flavor asociado a notas tostadas
Textura	Crujiente	Cantidad de ruido percibida en la primera compresión entre molares
	Dureza	Fuerza necesaria para causar deformación a la muestra en la primera compresión
	Elasticidad	Recuperación de la muestra después de la primera compresión
	Desmenuzabilidad	Facilidad con que la muestra se rompe en partículas pequeñas durante el proceso de masticación
	Granulosidad	Tamaño de las partículas al llegar al punto de papilla
	Pastosidad	Sensación de pasta en boca que se percibe durante la masticación
	Gomosidad	Sensación de goma en boca al masticar
	Residuo en boca	Cantidad de partículas adheridas en la boca después de la masticación
Visuales	<i>Pieza entera:</i>	
	Apertura de la greña	Grado de apertura o ancho de la greña central
	Profundidad de greña	Distancia entre la cresta y la base de la greña
	Color de la suela	Intensidad de color oscuro.

Harina en suela	Cantidad de harina presente en la cara inferior de la pieza
<i>Pieza cortada:</i>	
Concavidad	Distancia desde la línea horizontal que divide la corteza superior y la inferior hasta la superficie inferior de la pieza en la zona central.
Convexidad	Distancia desde la superficie donde se apoya la pieza hasta la línea horizontal que divide la corteza superior y la suela.
Grosor de la corteza	Grosor de la corteza al corte, en la zona de la suela.
Regularidad alveolos	Homogeneidad de los alveolos.

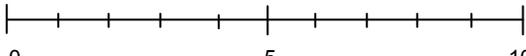
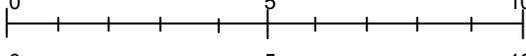
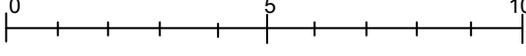
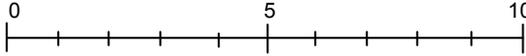
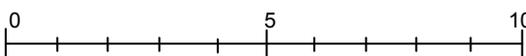
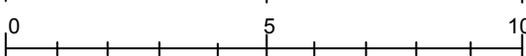
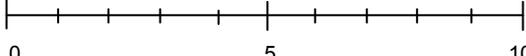
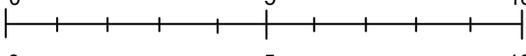
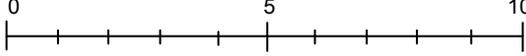
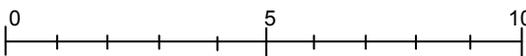
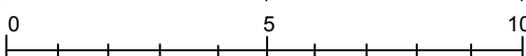
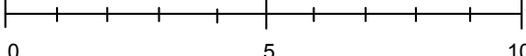
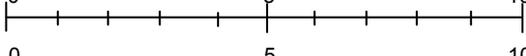
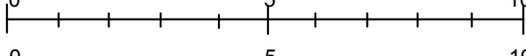
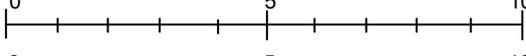
Fuente: Elía, 2011.

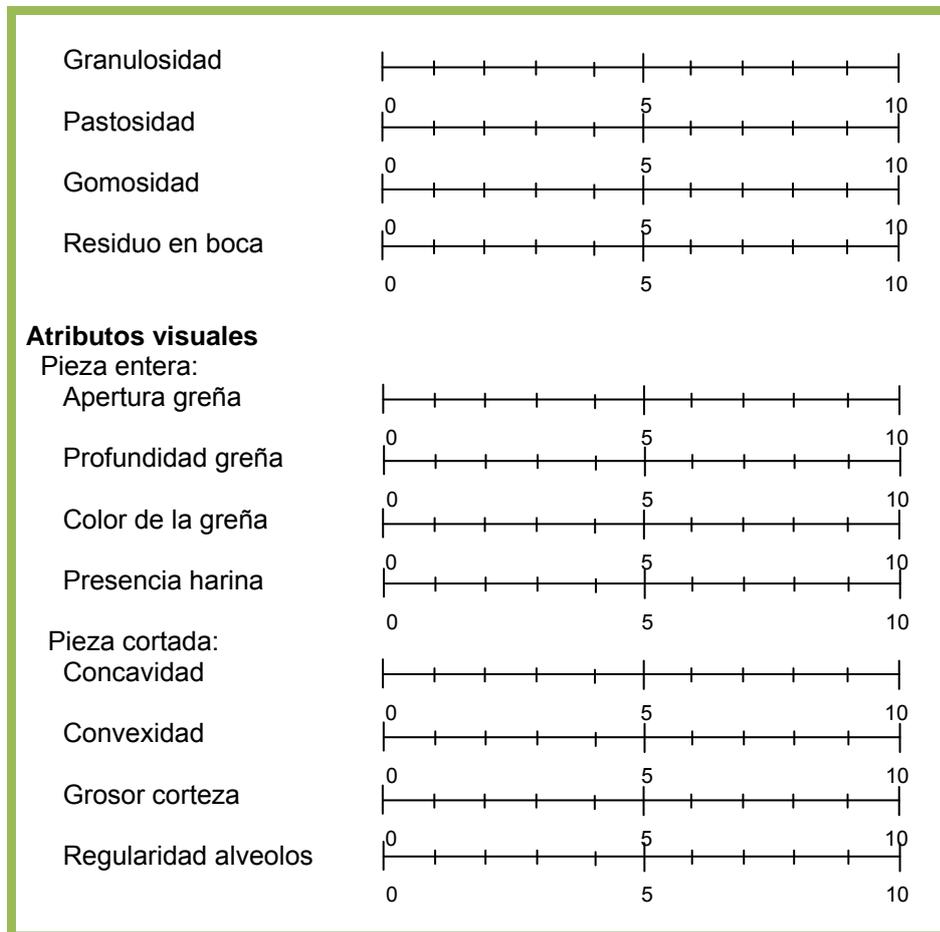
La **Tabla 9** muestra la hoja de cata utilizada durante la evaluación sensorial. Los resultados obtenidos han sido tratados estadísticamente aplicando un análisis de varianza para detectar diferencias entre productos y definir, además, las causas de variación entre los datos. Se ha aplicado el test de la Mínima Diferencia Significativa (DSM) de Fisher para obtener la separación de medias. Finalmente se han generado perfiles sensoriales para cada producto evaluado mediante representación gráfica de araña.

Los análisis estadísticos se han realizado con el programa FIZZ Calculations 2.40B (Fizz by Biosystemes, Couternon, France).

Materiales y métodos

Tabla 9. Hoja de cata utilizada durante la evaluación sensorial de los panes elaborados con distintas concentraciones de aceite de oliva.

HOJA DE CATA		
Nombre del catador:		
Fecha:		
Atributos de olor:		
Ácido acético		
Ácido butírico		
Grasa láctea		
Tostado		
Levadura		
Paja		
Atributos de sabor y flavor:		
Dulce		
Salado		
Ácido		
Levadura		
Tostado		
Atributos de textura:		
Crujiente		
Dureza		
Elasticidad		
Desmenuzabilidad		



9.2.2.4. Prueba y valoración de los productos finalistas

A partir de los análisis fisicoquímicos, reológicos y sensoriales efectuados sobre las masas y panes elaborados con distintos porcentajes de aceite de oliva virgen, se han seleccionado los panes elaborados con un 4% y un 10% de aceite de oliva como los productos finalistas. Estos productos se han analizado a nivel físico y químico para su completa descripción. Con esta finalidad, también se han realizado análisis de composición básica (perfil nutricional) y análisis sensorial para describir cualitativamente a los productos.

Materiales y métodos

9.2.2.4.1. Análisis nutricional

Los análisis de composición básica para establecer el perfil nutricional de los productos elaborados con las formulaciones finalistas se han realizado en el Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de la Universidad de Lleida (ETSEA, UdL).

Para la caracterización nutricional de los productos ha sido necesario molturarlos previamente. La molturación se ha realizado con un molino eléctrico con cámara de acero inoxidable (Molino Universal IKA® M20, modelo IW1603600, Satufen, Alemania) durante un minuto exacto. Los parámetros de composición básica determinados han sido la humedad, cenizas, proteína bruta, grasa total, hidratos de carbono y energía por 100 g de producto y por ración, según la metodología descrita en el apartado 9.1.3.

Es importante destacar que en el caso del pan el peso de una ración oscila entre 30 y 40 gramos, habiéndose tomado como peso medio de ración 35 gramos.

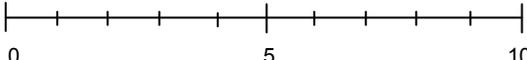
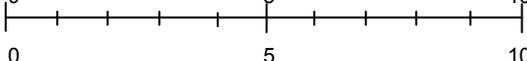
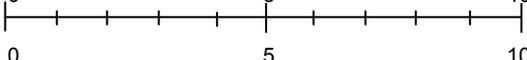
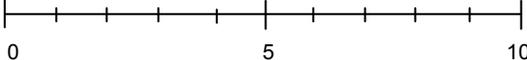
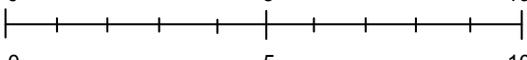
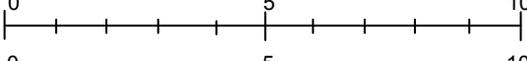
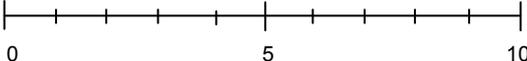
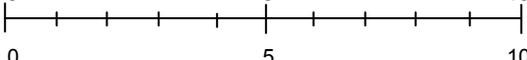
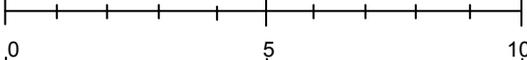
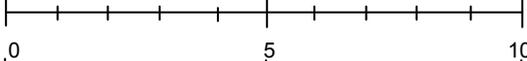
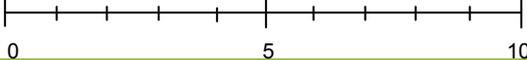
9.2.2.4.2. Análisis sensorial

Con la participación del panel de catadores expertos de Innopan se ha realizado un análisis sensorial de los productos finalistas, elaborados según el proceso de elaboración óptimo. La evaluación sensorial se ha realizado en una única sesión, en la sala de catas de Innopan, en la que han participado 6 jueces. Los atributos evaluados han sido:

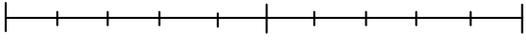
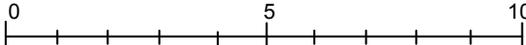
- Olor: ácido acético, ácido butírico, tostado/humo.
- Sabor y flavor: dulce, salado, ácido y amargo.
- Textura: crujiente, desmenuzabilidad, residuo en boca.
- Visuales:
 - Sobre pieza entera: apertura de la greña, profundidad de la greña y brillo de la pieza (reflexión de luz sobre la superficie de la pieza).
 - Sobre pieza cortada: tamaño de los alveolos, regularidad de los alveolos y color de la miga.

La metodología utilizada, así como el tratamiento estadístico de los datos, han sido los aplicados en la evaluación sensorial llevada a cabo durante las pruebas de panificación (apartado 9.2.2.3.2). La **Tabla 10** muestra la hoja de cata utilizada para la evaluación sensorial de los productos finalistas.

Tabla 10. Hoja de cata utilizada durante la evaluación sensorial de los productos finalistas.

HOJA DE CATA		
Nombre del catador:		
Fecha:		
Atributos de olor:		
Ácido acético		
Ácido butírico		
Tostado/humo		
Atributos de sabor y flavor:		
Dulce		
Salado		
Ácido		
Amargo		
Atributos de textura:		
Crujiente		
Desmenuzabilidad		
Residuo en boca		
Atributos visuales		
Pieza entera:		
Apertura greña		
Profundidad greña		
Brillo		

Materiales y métodos

Pieza cortada:	
Tamaño alveolos	
Regularidad alveolos	
Color miga	

9.2.2.4.3. Análisis de volumen

Mediante el medidor de volumen BVM-L370 (TexVol Instruments AB, Viken, Suecia) se ha determinado el volumen y los parámetros relacionados (peso, anchura, altura, profundidad, volumen específico, densidad y ratio de shape) de los productos finalistas. La medición se ha realizado durante 60 segundos, utilizando una pieza de sujeción del tipo HA-2P8-20.

A partir de los resultados de los análisis de composición nutricional, sensoriales y volumétricos se ha establecido la formulación finalista, que en la tercera fase del trabajo de tesis doctoral se ha utilizado para desarrollar un prototipo de pan enriquecido en compuestos fenólicos del aceite de oliva, con una capacidad antioxidante potenciada.

9.3. DESARROLLO DE UN PRODUCTO PANARIO ENRIQUECIDO EN COMPUESTOS FENÓLICOS DEL ACEITE DE OLIVA

9.3.1. Puesta a punto del método de análisis del contenido de fenoles totales en una matriz panaria

Las pruebas para establecer el procedimiento óptimo de extracción y cuantificación de fenoles en matrices panarias se han llevado a cabo en el Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de la Universidad de Lleida. Con esta finalidad se ha realizado una búsqueda bibliográfica para identificar las variables en los procedimientos de extracción y cuantificación de fenoles en matrices panarias. Para la puesta a punto del método se han utilizado pan control y pan elaborado con un 4% de aceite de oliva virgen.

La técnica de extracción de los compuestos fenólicos del pan se ha basado en el principio de extracción sólido-líquido usando solventes orgánicos. Durante esta etapa, los compuestos fenólicos se extraen por difusión de la matriz sólida a la fase líquida. Posteriormente para la determinación del contenido total de compuestos fenólicos de los extractos obtenidos se ha utilizado el método colorimétrico de

Folin-Ciocalteu. La preparación del extracto fenólico ha consistido en mezclar un 1 ó 2 gramos de la muestra de pan, previamente triturado (M20 Molino Universal, IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Alemania) y 25 mL de metanol (Scharlau, S.L.). La mezcla de muestra y metanol se ha homogeneizado durante 2 minutos a velocidad 3 con un politrón (Polytron® PT10-35, Kinematica AG, Littau, Lucerne, Suiza), se ha agitado con el mezclador de vórtice (TecnoKartell TK35, Kartell Labware Division, Noviglio, Italia) durante 5 minutos a 25 Hz y se ha centrifugado a 14.000 g durante 15 minutos a 4°C (Avanti® Centrifuge J-26XP, Beckman Coulter Inc., Brea, California, Estados Unidos). Después de la centrifugación se ha recogido el sobrenadante, que corresponde al extracto hidro-alcohólico, en el que se han solubilizado los CF.

El análisis del contenido de fenoles totales se ha llevado a cabo mediante el método modificado de Singleton y Rossi (1965), basado en la reacción colorimétrica con el reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich Chemie GMBH). En un matraz de 10 mL se introduce agua destilada (5 mL), 2 mL del extracto hidro-alcohólico obtenido y 500 µl del reactivo de Folin-Ciocalteu. Se agita el matraz con el mezclador de vórtice y se deja reposar durante 3 minutos. A continuación se añade 1 mL de una solución saturada de carbonato de sodio (Scharlau, S.L.) y se enrasa con agua destilada. Se agita el matraz con el mezclador de vórtice y se deja reposar durante 1 hora en la oscuridad.

Después de una hora de incubación, se filtra una alícuota de la mezcla con un filtro de nylon de 0,45 µm y se realiza la lectura de la absorbancia a 725 nm, en cubeta de cuarzo en un espectrofotómetro (Thermo Spectronic Unicam UV 300, USA). La obtención del extracto y la cuantificación de los CF totales se han realizado por duplicado en cada muestra y extracto. Los resultados se han expresado en mg de ácido cafeico/kg muestra de pan, en base a la recta de calibrado del ácido cafeico con el reactivo de Folin-Ciocalteu.

9.3.2. Optimización del formato y del proceso de horneado

A partir de la formulación finalista (fórmula panaria que incluye un 10% de aceite de oliva virgen) se han modificado algunas etapas del proceso, concretamente las etapas de formado y cocción, con la finalidad de minimizar la pérdida de CF por efecto de las temperaturas de horneado.

Los formatos ensayados (panecillo, bastón y rosca), así como la temperatura de horneado, se muestran en la **Tabla 11**. Una vez elaborados los 3 tipos de formatos, se ha analizado el contenido fenólico según la metodología descrita en el apartado 9.3.1. para establecer el formato de pan que mejor preserva el contenido fenólico procedente de aceite de oliva virgen.

Materiales y métodos

Tabla 11. Formatos y temperatura ensayados en la optimización del proceso.

Formato	Peso crudo (g)	Temperatura de horneado (°C)*	Aspecto final
Panecillo	100	165	
Bastón	50	165	
Rosca	40	165	

*Tiempo de cocción en función de las necesidades de cada formato, hasta su correcta cocción.

9.3.3. Estrategias de incremento del contenido fenólico en pan elaborado con aceite de oliva mediante la incorporación a la fórmula de extractos fenólicos

Partiendo del contenido fenólico determinado en el pan elaborado según la formulación, procedimiento, formato y condiciones de horneado óptimos se ha definido una estrategia para aportar un contenido fenólico superior al producto final.

Como fuentes de compuestos fenólicos se han utilizado 2 aceites de oliva virgen procedentes de dos variedades de oliva y con diferente contenido de compuestos fenólicos: aceite de oliva virgen obtenido de la variedad de oliva *Verdal* (alto contenido fenólico, 500 mg fenoles totales/kg de aceite aproximadamente) y aceite de oliva virgen de la variedad *Arbequina* producido en la D.O.P. Les Garrigues (medio/bajo contenido fenólico, 150 mg fenoles totales/kg de aceite aproximadamente). El criterio de selección de estos dos aceites de oliva virgen monovarietales responde a su contenido en compuestos fenólicos, alto en el caso de los aceites de la variedad *Verdal* y medio/bajo para los aceites de la variedad

Arbequina. El inicio del cultivo de la variedad *Arbequina* tiene su localización en Lleida, se extendió por Cataluña dando personalidad a sus producciones y actualmente por toda España. Comercialmente se ha convertido en el mayor reclamo de producción y consumo, gracias a su aceite de bajo amargo y picante y notas frutales acentuadas, aunque su estabilidad oxidativa es baja. El interés de la inclusión de este aceite como ingrediente en la elaboración de un producto de panificación ha estado basado en la existencia de la denominación de Origen Protegida Les Garrigues que comprende diferentes comarcas de la provincia de Lleida. Esta DOP, con 30 años de existencia, es la Denominación de Origen de aceite más antigua del territorio español (1975) y fue certificada por la Unión Europea con la denominación de origen protegida (1996). El Reglamento de esta DOP establece que la elaboración de sus aceites se realizará exclusivamente con aceituna de las variedades *Arbequina*, como variedad mayoritaria, y *Verdal*.

En relación con la variedad *Verdal*, su denominación hace referencia al intenso color verde que presentan sus brotes. Se cultiva en la provincia de Lleida y su cultivo se encuentra en regresión desde hace algunas décadas, siendo sustituida por la *Arbequina*. Esta regresión ha respondido básicamente a que sus aceites poseen un elevado contenido de compuestos fenólicos que tiene como consecuencia una alta intensidad de los atributos amargo y picante, lo que ha dificultado su consumo y, en consecuencia, su interés comercial. Los aceites de oliva de la variedad *Verdal* han quedado reducidos a su uso en “coupages” con otros aceites de bajo contenido fenólico, con el objetivo de aumentar su estabilidad. El interés de la inclusión de este aceite como ingrediente en la elaboración de un producto de panificación se ha basado en su alto contenido fenólico, que podría abrir nuevas posibilidades al empleo de estos aceites de bajo interés comercial en la formulación de otros alimentos, aumentando así sus propiedades nutricionales.

Además se han utilizado 2 extractos fenólicos en forma de polvo: extracto fenólico (EFA) obtenido a partir de alpeorajo (subproducto del proceso de extracción de aceite de oliva) preparado de acuerdo con el procedimiento descrito por Suárez *et al.* (2009) y un extracto comercial de hoja de olivo (EFHO) con un contenido de oleuropeína del 40% (Olisoul™ Olive leaf Power Extract, Herbsoul, Xi'an, Shaanxi, P.R. China).

Se han realizado varios ensayos, partiendo siempre de la fórmula que contiene un 10% de aceite de oliva virgen y del proceso de horneado óptimo. Los ensayos se han realizado aplicando una concentración de sal del 1,6%, 2,0% de levadura seca y 56,6% de fracción líquida, correspondiendo un 90% de esta última a agua y el 10% restante a aceite de oliva virgen. Sobre esta fórmula base, se han elaborado 5 tipos de pan utilizando las 5 fuentes diferentes de CF descritas previamente: (1) aceite de oliva virgen obtenido a partir de la variedad *Verdal* (alto contenido fenólico, 500 mg/kg), (2) aceite de oliva virgen de la variedad *Arbequina* enriquecido en compuestos fenólicos (mediante la adición al aceite de extracto fenólico EFA) hasta una concentración final de 500 mg/kg, (3) aceite de oliva virgen

Materiales y métodos

de la variedad *Arbequina* (D.O.P. Les Garrigues), (4) aceite de oliva virgen de la variedad *Arbequina* (D.O.P. Les Garrigues) + extracto fenólico EFA, y (5) aceite de oliva virgen de la variedad *Arbequina* (D.O.P. Les Garrigues) + extracto de hoja de olivo EFHO.

Los 5 prototipos de pan elaborados han sido analizados para determinar su contenido fenólico total, según la metodología desarrollada en el apartado 9.3.1. y establecer qué fuente de fenoles aporta mayor concentración de éstos en el producto final.

Paralelamente, los productos de panificación obtenidos han sido evaluados por el panel de catadores expertos de Innopan. En la sesión sensorial han participado 8 jueces. Los atributos evaluados han sido:

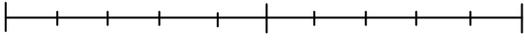
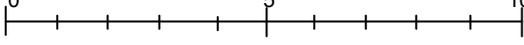
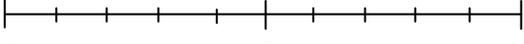
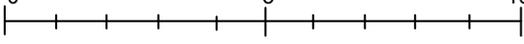
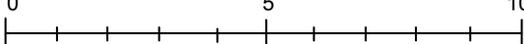
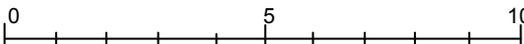
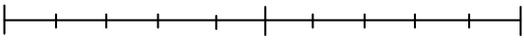
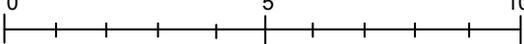
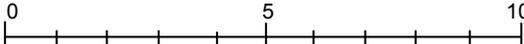
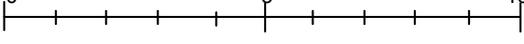
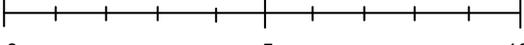
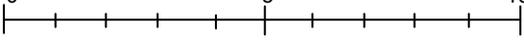
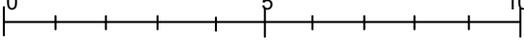
- Olor: ácido acético, tostado/humo.
- Sabor y flavor: dulce, salado, ácido y amargo.
- Textura: crujiente, desmenuzabilidad, residuo en boca.
- Visuales:

Sobre pieza entera: brillo de la pieza (reflexión de luz sobre la superficie de la pieza) y color de la corteza (intensidad de color oscuro/tostado).

Sobre pieza cortada: tamaño de los alveolos, regularidad de los alveolos y color de la miga.

La metodología utilizada, así como el tratamiento estadístico de los datos, han sido los aplicados en la evaluación sensorial llevada a cabo durante las pruebas de panificación (apartado 9.2.2.3.2). La **Tabla 12** muestra la hoja de cata utilizada para la evaluación sensorial de los prototipos elaborados.

Tabla 12. Hoja de cata utilizada durante la evaluación sensorial de los prototipos ensayados para aumentar el contenido fenólico.

HOJA DE CATA		
Nombre del catador:		
Fecha:		
Atributos de olor:		
Ácido acético		
Tostado/humo		
Atributos de sabor y flavor:		
Dulce		
Salado		
Ácido		
Amargo		
Atributos de textura:		
Crujiente		
Desmenuzabilidad		
Residuo en boca		
Atributos visuales		
Pieza entera:		
Brillo		
Color corteza		
Pieza cortada:		
Tamaño alveolos		
Regularidad alveolos		
Color miga		

10. RESULTADOS

Resultados

10.1. ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE PRODUCTOS DE PANADERÍA Y BOLLERÍA TRADICIONALES DE LA PROVINCIA DE LLEIDA

10.1.1. Fichas descriptivas individuales

A continuación se muestran las fichas de cada uno de los 16 productos que han formado parte del estudio, elaboradas a partir de la información recopilada en las encuestas a los panaderos de los obradores visitados y de los análisis nutricionales realizados.

En la composición nutricional de cada uno de los productos se detalla, entre otros parámetros, el aporte calórico por ración de producto. El peso de ración para cada producto se describe en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Peso de ración establecido para cada uno de los productos estudiados.

Producto	Peso ración (g)
Pan de los Templarios	40
Pan de caracol	35
<i>Orelletes</i>	60
Coca de panadero	80
Pan de nueces	40
Pan de aceite	40
<i>Pa de Pagès</i>	40
Llonguet	45
Pan de <i>Torró d'Agramunt</i>	50
Coca de huevo	80
Coca de pan	80
Galletas de La Noguera Pallaresa	38
<i>Panadons</i> de espinacas	100
<i>Pa de Ronyó</i>	40
Pan de cerveza San Miguel®	40
<i>Coca de recapte</i> (atún)	80

Tabla 14. Ficha técnica del Pan de los Templarios

PAN DE LOS TEMPLARIOS**Nombre del establecimiento:** Comercial Llaràs, S.L.**Población:** Lleida.**Fecha de recogida de muestra:** 8 de julio de 2009.**Formulación** (10 piezas de 400 g): 500 g harina de trigo, 500 g harina de espelta integral, 250 g masa madre, 10 g levadura, 20 g sal y 700 g agua. Opcionalmente se puede espolvorear sémola por la superficie.**Figura 10.** Pan de los Templarios.**Proceso de elaboración:** amasar los ingredientes durante 15 minutos, heñir la masa y dividir en piezas de 410 g. Bolear y dejar reposar hasta terminar el boleado de todas las piezas. Laminar, espolvorear sémola por la superficie (opcional) y fermentar 20 minutos. Greñar la superficie en forma de cruz y dejar fermentar 1 hora y 25 minutos. Hornear a 170°C, con vapor, durante 17 minutos.**Descripción del producto:** piezas de 200 ó 400 g (peso cocido), redondas y planas, con un corte superficial en forma de cruz. La corteza es de color pardo, no muy intenso, y la miga es un poco más oscura que la del pan blanco común. Destaca la compactación de la miga, con alveolos pequeños y regulares. Se vende sin envasar, envuelto en papel. No obstante, cuando se comercializa a otros establecimientos se vende envasado en bolsa de plástico y con una etiqueta descriptiva de la historia del producto.**Aspectos socioeconómicos:** se elabora dos veces por semana (100 piezas de 200 g/semana). Se elabora en este horno y se distribuye a otros establecimientos de la provincia. Sus principales consumidores son los jóvenes.**Composición nutricional del Pan de los Templarios:**

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
275,57	110,23	29,92	3,62	0,09	65,07	1,30

Observaciones: este producto ha sido creado por el “Gremi de Flequers de les Terres de Lleida”, siguiendo los parámetros de elaboración de la Edad Media. Los dos tipos de harina utilizados aportan un sabor diferente y característico, que junto con la forma y el corte en forma de cruz, recuerdan a los orígenes de la ciudad de Lleida. También se conoce como *Pan Medieval*.

Se trata de un producto nuevo, de origen histórico, pero con la calidad del producto artesano actual. Por el hecho de tratarse de un producto novel no es un producto con potencialidad de certificarse con una marca de calidad.

Resultados

Tabla 15. Ficha técnica del Pan de caracol

PAN DE CARACOL

Nombre del establecimiento: Comercial Llaràs, S.L.

Población: Lleida.

Fecha de recogida de muestra: 8 de julio de 2009.

Formulación (300 piezas de 35 g):

Para la masa: 1200 g harina, 180 g azúcar, 20 g sal, 15 g mejorante, 40 g levadura, 300 g masa madre, 60 g manteca de cerdo, 60 g mantequilla, 4 huevos, 100 g aceite de oliva, 110 g agua, 650 g manzana cortada a dados, esencias (limón, vainilla, canela, concentrado de manzana. *Cobertura:* azúcar, huevo, cacao.

Otros: azúcar para superficie y pepitas de chocolate para los ojos.

Proceso de elaboración: amasar la harina, azúcar, sal, mejorante, masa madre, manteca y mantequilla durante 15 minutos. A mitad del amasado incorporar los huevos, aceite, agua, esencias, manzana a dados y levadura. Finalizado el amasado, dividir la masa en porciones de 35 g, bolear y dejar en reposo 5 minutos. Estirar las piezas, dar forma de caracol y fermentar durante 20 minutos a 38°C. Preparar la cobertura, pintar los caracoles y espolvorear azúcar en superficie. Hornear a 200°C durante 8 minutos, dejar enfriar y poner las pepitas de chocolate a modo de ojos.

Descripción del producto: piezas con ligero sabor a chocolate, debido a la cobertura, e intenso sabor a manzana. Se trata de piezas blandas, tipo bollo. Se venden sin envasar, envueltos en papel. Durante el *Aplec del caragol* se suministra a supermercados, envasado en film transparente.

Aspectos socioeconómicos: se elabora únicamente durante la semana en que se celebra el *Aplec del Caragol* en Lleida. Durante esta semana, en mayo, se elaboran 1.300 piezas, que se venden en los establecimientos que tiene el propietario y en supermercados de Lleida y Alpicat. El principal consumidor es la gente de las peñas del *Aplec* y la *Diputació de Lleida*, que organiza el evento.

Composición nutricional del Pan de Caracol:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
334,57	117,10	28,85	3,03	10,65	67,30	0,82

Observaciones: se trata de un producto novel pero que se ha enraizado bien a la tradición del *Aplec del Caragol*. Posee un alto potencial para convertirse en un producto típico de la zona, además al elaborarse con manzanas producidas en Lleida se convierte en un firme candidato para ser protegido bajo una IGP.



Figura 11. Pan de caracol.

Tabla 16. Ficha técnica de las *Orelletes***ORELLETES****Nombre del establecimiento:** Comercial Llaràs, S.L.**Población:** Lleida.**Fecha de recogida de muestra:** 8 de julio de 2009.**Formulación** (15-20 piezas de 85 g): 1000 g harina, 20 g azúcar, 10 g sal, 20 g nata, esencia de anís y aceite para freír.Figura 12. *Orelletes***Proceso de elaboración:** amasar todos los ingredientes durante 10 minutos y dividir la masa en piezas de 70 g (para piezas grandes) o en piezas de 35 g (para piezas pequeñas). Estirar las piezas, freír en aceite muy caliente y escurrir. Dejar enfriar y espolvorear azúcar por la superficie.**Descripción del producto:** piezas redondas y planas, con un peso de 60 u 85 g (peso cocido), según tamaño. Presentan una superficie irregular, con algunas burbujas resultado del proceso de fritura. De color dorado y muy frágiles. Son vendidas sin envasar, envueltas en papel.**Aspectos socioeconómicos:** se elaboran todos los martes del año (25 unidades grandes y 15 pequeñas). Se venden en los establecimientos que el propietario tiene en Lleida, Mequinensa, Soses y Alcarràs. Las ventas incrementan durante el *Aplec del caragol* y en Fiesta Mayor. El principal público consumidor lo forma la población con edad superior a 50 años.**Composición nutricional de las *Orelletes*:**

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
613,36	368,02	4,73	1,57	46,89	46,27	0,54

Observaciones: se trata de un producto con gran potencialidad de ser protegido con una IGP o una ETG por su arraigo a la zona y tradición. Aunque se elabora en otros puntos de la geografía española (Valencia, Baleares, Tarragona), se trata de un producto muy vinculado a algunas zonas de Lleida.

Resultados

Tabla 17. Ficha técnica de la Coca de Panadero

COCA DE PANADERO

Nombre del establecimiento: Pastisseria i Forn Reig.

Población: Coll de Nargó.

Fecha de recogida de muestra: 16 de julio de 2009.

Formulación (para 180 piezas de 800 g): 100 kg harina, 60 kg agua, 1,8 kg sal, levadura, aceite de girasol, azúcar y mejorantes.



Figura 13. Coca de panadero.

Proceso de elaboración: amasar todos los ingredientes durante 15 minutos. Dividir la masa en piezas de 900 g, estirarlas y dejar reposar 3 horas. Añadir aceite de girasol y azúcar por la superficie. Cocer al horno con vapor durante 5 minutos a 180°C.

Descripción del producto: piezas de 800 g (peso cocido) de color dorado y tostado, de considerable longitud (1 m aproximado). Se venden enteras, envueltas con papel y, si el cliente lo solicita, se cortan o se doblan, para facilitar su transporte. Existe una variedad, la Coca de anís, a la que se añade anís en grano durante el amasado.

Aspectos socioeconómicos: se elabora durante todo el año, unas 1500 unidades al mes (70-80% con anís y 20-30% sin anís). El propietario las vende únicamente en su establecimiento, a gente de todas las edades. El 80% de las ventas son a forasteros, ya que el municipio se encuentra de camino a Andorra.

Composición nutricional de la Coca de panadero:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
400,18	320,15	14,85	0,98	12,40	71,18	0,59

Observaciones: al tratarse de un producto que no presenta ningún matiz excepcional ni signos de tradicionalidad, no es buen candidato a proteger con ninguna certificación de calidad.

Tabla 18. Ficha técnica del Pan de nueces

PAN DE NUECES**Nombre del establecimiento:** Forn d'en Jordi, S.C.P.**Población:** Martinet de Cerdanya.**Fecha de recogida de muestra:** 16 de julio de 2009.**Formulación** (42 piezas de 400 g): 6 kg harina, 250 g levadura, 300 g azúcar, 200 g sal, 150 g margarina, 4,5 kg nueces de California e India o China, 4 kg agua fría y mejorantes panarios.**Figura 14.** Pan de nueces.**Proceso de elaboración:** amasar la levadura, margarina, azúcar, sal, harina y agua durante 10 minutos. A mitad de amasado añadir las nueces cortadas por la mitad. Finalizado el amasado, dividir la masa en piezas de 400 g, heñir, marcar la superficie con un surco y dejar reposar 30 minutos. Cocer al horno sin vapor durante 30 minutos a 250°C.**Descripción del producto:** piezas de 320-400 g (peso cocido) de forma redondeada, corteza de color marrón oscuro-tostado y superficie irregular debida a la presencia de nueces, visibles tanto en miga como en corteza. Se trata de un pan semidulce, vendido a peso y envuelto en papel o en bolsas.**Aspectos socioeconómicos:** se elabora diariamente, aproximadamente unos 10 kg. El propietario lo vende únicamente en su establecimiento. Un 50% de las ventas es a forasteros.**Composición nutricional del Pan de nueces:**

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
342,16	136,87	34,37	5,37	8,82	60,33	1,11

Observaciones: producto singular y muy conocido en la comarca, con potencialidad de ser reconocido mediante una certificación de calidad, en concreto, una IGP.

Resultados

Tabla 19. Ficha técnica de Pan de aceite

PAN DE ACEITE

Nombre del establecimiento: Forn d'en Jordi, S.C.P.

Población: Martinet de Cerdanya.

Fecha de recogida de muestra: 16 de julio de 2009.

Formulación (28 piezas de 150 g): 3 kg harina, 750 g agua, 1 L aceite de oliva, 50 g pasas sultanas, 50 g azúcar, 100 g sal, levadura, 50 g matafalúa y mejorantes panarios.

Proceso de elaboración: poner en la amasadora todos los ingredientes a excepción del agua y aceite. Encender la amasadora e ir incorporando el aceite gradualmente. Añadir el agua y amasar hasta que la masa esté a gusto del consumidor. Dividir la masa en piezas de 160 g, bolear, marcar la superficie con una cuchilla y dejar reposar 1 hora y 30 minutos. Hornear sin vapor a 250°C y durante 25 minutos.

Descripción del producto: piezas de 150 g (peso cocido), redondeadas, con la corteza de color dorado y la miga beige. Se aprecian pasas tanto en miga como en corteza. Es vendido envuelto en papel o en bolsas.

Aspectos socioeconómicos: el propietario vende el producto únicamente en su establecimiento, elaborando 30 piezas quincenalmente. El 50% de los consumidores son forasteros, que pasan haciendo turismo por el municipio.

Composición nutricional del Pan de aceite:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
397,39	158,96	21,12	2,29	17,15	58,46	0,97

Observaciones: producto singular y conocido en la comarca, con potencialidad de ser protegido mediante una certificación de calidad. Debido a que ninguno de los ingredientes es procedente de la zona, es un buen candidato a proteger mediante una IGP.



Figura 15. Pan de aceite.

Tabla 20. Ficha técnica de *Pa de pagès***PA DE PAGÈS****Nombre del establecimiento.** Boneu, S.C.P.**Población:** La Fuliola.**Fecha de recogida de muestra:** 21 de septiembre de 2009.**Formulación** (5 piezas de 500 g): 1 kg harina, 600 g agua, 18 g sal, 200 g masa madre, 15 g levadura y 4 g mejorante.**Proceso de elaboración:** amasar todos los ingredientes, exceptuando la levadura, durante 20 minutos. A los 10 minutos de amasado añadir la levadura. Dividir la masa en piezas de 620 g, heñir y dejar reposar 20 minutos. Volver a heñir, reposar 20 minutos y fermentar durante 2 horas. Cocer al horno con vapor durante 1 hora y 15 minutos a 210°C.**Figura 16.** *Pa de pagès*.**Descripción del producto:** puede elaborarse en piezas de 1 kg, ½ kg ó ¼ kg, todos pesos cocidos. Se trata de un pan redondo girado, de corteza gruesa y crujiente, con superficie irregular y tonalidades de corteza que varían de los tonos amarillentos a los marrones más intensos. La miga es de gran alveolado, irregular y firme. Se vende tanto entero como cortado a rebanadas con máquina.**Aspectos socioeconómicos:** el propietario lo vende en su establecimiento y también lo suministra a bares y restaurantes de la misma población. Su elaboración es diaria durante todo el año: 15 piezas/día de ¼ kg, 30 piezas/día de ½ kg y 1 pieza/día de 1 kg.**Composición nutricional del *Pa de pagès*:**

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
289,00	115,60	28,18	7,19	0,83	63,20	0,61

Observaciones: se trata de un producto históricamente muy vinculado al territorio catalán. El 8 de mayo de 2012 la Generalitat de Catalunya aprobó el uso del distintivo “IGP Pa de Pagès Català” de forma provisional, pendiente de ratificación próxima por la Unión Europea.

Resultados

Tabla 21. Ficha técnica de *Llonguet*

LLONGUET

Nombre del establecimiento: Forn de pa i pastissos Pepe.

Población: Lleida.

Fecha de recogida de muestra: 21 de septiembre de 2009.

Formulación (15 piezas de 90 g): 3 kg de harina, 1,5 kg agua, 60 g sal, 40 g levadura, 20 g reforzante panario.



Figura 17. Llonguet.

Proceso de elaboración: amasar todos los ingredientes, a excepción de la levadura, durante 10 minutos. Transcurrido este tiempo, añadir la levadura y amasar 5 minutos más.

Dejar reposar en bloque 10 minutos, dividir la masa en piezas de 130 g y dejar fermentar 25 minutos. Greñar longitudinalmente, hornear sin vapor durante 10 minutos a 225°C y hornear con vapor 20 minutos más a 225°C.

Descripción del producto: piezas de 85-90 g (peso cocido), de tamaño pequeño y redondeadas. La corteza es fina y de color dorado, con una greña bastante profunda longitudinalmente. La miga es suave y esponjosa, de color blanquecino. Se vende sin envasar, envuelto en papel o en bolsas.

Aspectos socioeconómicos: el propietario lo elabora durante todo el año, unas 15 unidades al día. El principal consumidor es la gente con edad superior a los 50 años. Por lo general, la gente joven no lo acostumbra a conocer.

Composición nutricional del *Llonguet*:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
294,79	132,66	26,83	6,40	0,96	65,14	0,67

Observaciones: producto de elaboración extendida por el territorio catalán y español, aunque típicamente es catalán. No se encuentra con facilidad en cualquier panadería, ya que cada vez se elabora en menor cantidad. Debido a estos factores no es un buen candidato para proteger mediante una certificación de calidad, aunque sería conveniente promocionar su consumo para que no desaparezca de nuestra gastronomía.

Tabla 22. Ficha técnica de *Pa de Torró d'Agramunt***PAN DE TORRÓ D'AGRAMUNT**

Nombre del establecimiento: Comercial Llaràs, S.L.

Población: Lleida.

Fecha de recogida de muestra: 21 de septiembre de 2009.

Formulación (25 unidades de 100 g): 1000 g harina, 500 g turrón líquido, 400 g chocolate, 400 g agua, 200 g masa madre, 20 g sal, 20 g levadura y 2 huevos.

Proceso de elaboración: amasar la harina, turrón, agua, masa madre, sal y huevos durante 10 minutos. Añadir la levadura y amasar 3 minutos más. Añadir el chocolate a trocitos y amasar 2 minutos más. Dividir la masa en porciones de 110 g, reposar 20 minutos, estirar la masa y dejar fermentar 1 hora y 30 minutos. A los 30 minutos de fermentar, marcar la superficie. Finalizada la etapa de fermentación, hornear a 210°C durante 9 minutos.

Descripción del producto: producto alargado y plano, de 100 g (peso cocido), color externo marrón oscuro, superficie marcada y miga de color marrón claro. De corteza fina y blanda, muy similar a la de un bollo. En el mismo establecimiento se vende sin envasar, envuelto en papel. Cuando se comercializa fuera de éste, se vende envasado en bolsa de plástico.

Aspectos socioeconómicos: se elabora únicamente para la Feria del Turrón de Agramunt (segunda semana de octubre) y por las fiestas de Navidad. El propietario elabora unas 200 piezas para la Feria y unas 600 por Navidad. Es un producto consumido por gente de todas las edades.

Composición nutricional del *Pa de Torró d'Agramunt*:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
366,15	183,07	23,30	7,04	12,68	55,96	1,01

Observaciones: por la naturaleza de sus ingredientes, se trata de un producto con gran potencial de ser protegido con una certificación de calidad, en concreto una IGP. *Turró de Agramunt* y *Xocolata a la pedra d'Agramunt* son dos ingredientes del producto que ya cuentan con su propia IGP.



Figura 18. *Pa de Torró d'Agramunt*.

Resultados

Tabla 23. Ficha técnica de Coca de huevo

COCA DE HUEVO

Nombre del establecimiento:

Forn Codina, S.S.C.

Población: Vilaller.

Fecha de recogida de muestra: 22 de septiembre de 2009.



Figura 19. Coca de huevo.

Formulación (16 piezas de 340 g):

3100 g harina, 1000 g agua, 520 g azúcar, 450 g margarina, 5 huevos, 140 g levadura, 100 g masa madre, 35 g sal, 10 g mejorante panario. Anís, canela y limón.

Proceso de elaboración: amasar todos los ingredientes, exceptuando los huevos, el azúcar y margarina, durante 14 minutos. Añadir los huevos y la margarina y amasar 2 minutos más. Dejar reposar en bloque 15 minutos, dividir la masa en piezas de 400 g, bolear y dejar reposar 5 minutos. Estirar las piezas, fermentar 30 minutos, marcar, estirar y dejar fermentar otros 30 minutos. Añadir el azúcar por la superficie y cocer con vapor a 200°C durante 8 minutos. A la salida del horno, para que se evapore, rociar con anís.

Descripción del producto: pieza alargada de 340 g (peso cocido), con superficie con colores que varían de los amarillos claros a los marrones intensos, de corteza fina y blanda. La miga es de color crema, con alveolos pequeños y bastante regulares. Se vende en el mismo establecimiento sin envasar, envuelta en papel o en bolsas.

Aspectos socioeconómicos: el propietario elabora unas 6 unidades al día, aunque los fines de semana y festivos aumenta su producción. Es típica de San Juan y fiestas locales, acompañada de chocolate. Es un producto consumido por gente de todas las edades.

Composición nutricional de la Coca de huevo:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
378,33	302,66	22,84	6,82	14,51	55,11	0,72

Observaciones: producto cuya producción está extendida por todo el territorio catalán. Al no presentar vínculo con ningún punto concreto de la geografía no se puede considerar como un buen candidato para proteger con una certificación de calidad.

Tabla 24. Ficha técnica de Coca de pan

COCA DE PAN						
Nombre del establecimiento: Forn de pa Capdevila.						
Población: Camarasa.						
Fecha de recogida de muestra: 22 de septiembre de 2009.						
Formulación (4 unidades de 500 g): 800 g harina, 200 g aceite, 200 g masa madre, 200 g azúcar, 40 g levadura, 24 g sal.						
Proceso de elaboración: amasar la harina, aceite, masa madre, levadura y sal hasta que la masa absorba todo el aceite. Dividir la masa en porciones de 650 g y dejar reposar 1 hora. Estirar la masa, añadir aceite y azúcar por la superficie y hornear durante 12 minutos a 170°C.						
Descripción del producto: pieza alargada y ancha con un peso de 500 g (peso cocido). La parte externa o bordes es de color claro y más gruesa que la parte central, muy fina y de color tostado. La superficie es irregular, apreciándose el azúcar casi caramelizado. Se vende entera, envuelta en papel.						
Aspectos socioeconómicos: de elaboración diaria durante todo el año (10 unidades/día), aunque la producción en fines de semana es superior. Es un producto consumido por gente de todas las edades, en especial por jóvenes y personas mayores.						
Composición nutricional de la Coca de pan:						
Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
463,10	370,48	2,63	0,43	15,23	81,08	0,63
Observaciones: producto también conocido como “coca de vidre”, cuya producción está muy extendida por el territorio catalán. Se trata de un producto sin vínculo concreto en ningún punto de la geografía, por lo que no es apropiado considerarlo como un producto a certificar mediante una marca de calidad.						



Figura 20. Coca de pan.

Resultados

Tabla 25. Ficha técnica de Galletas de La Noguera Pallaresa

GALLETAS DE LA NOGUERA PALLARESA

Nombre del establecimiento: Pastisseria La Lionesa.

Población: Sort.

Fecha de recogida de muestra: 22 de septiembre de 2009.

Formulación: manteca de cerdo fundida, harina, nueces de la Noguera Ribagorçana y azúcar. *(En este caso no se indican las cantidades de ingredientes a petición del propietario del establecimiento).*

Proceso de elaboración: amasa la manteca de cerdo fundida, nueces, azúcar y harina durante 10 minutos. Dividir la masa en porciones más o menos iguales (se hace aproximado, ninguna pieza tiene el mismo peso) y dejar reposar una hora. Cocción al horno *(no se indica temperatura y tiempo a petición del propietario).*

Descripción del producto: piezas de forma cuadrada con pesos que oscilan entre los 10 y 15 gramos (peso cocido), de color marrón claro y con trozos visibles de nueces. Se envasan en bolsa de plástico y se embalan en cajas de cartón. Cada una de las cajas contiene 45 galletas, unos 550 gramos.

Aspectos socioeconómicos: se elabora diariamente durante todo el año (25 cajas/día). El 40% de las ventas se realizan a través de internet, de las cuales se distribuyen en un 50% al País Vasco y en un 50% al resto de España. En el propio establecimiento se vende el 60% restante de la producción.

Composición nutricional de las Galletas de La Noguera Pallaresa:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
584,34	219,13	1,98	8,25	38,96	50,18	0,63

Observaciones: el establecimiento que elabora y vende este producto es de tipo familiar y lleva más de 100 años elaborando este producto. Por la historia del producto y el origen de las materias primas, nos encontramos ante un producto con gran potencialidad de ser protegido mediante una IGP, o incluso una DOP.



Figura 21. Galletas de la Noguera Pallaresa.

Tabla 26. Ficha técnica de *Panadons* de espinacas**PANADONS DE ESPINACAS**

Nombre del establecimiento: Forn de pa Capdevila.

Población: Camarasa

Fecha de recogida de muestra: 30 de octubre de 2009.

Figura 22. *Panadons* de espinacas.

Formulación (10 unidades de 100 g): 600 g harina, 2000 g espinacas frescas, 150 g aceite de oliva, 150 g agua, 50 g masa madre. 320 pasas. 150 g piñones. 1 cabeza de ajos y 6 g de sal.

Proceso de elaboración: amasar la harina, agua, masa madre, aceite y sal durante 10 minutos. Dividir la masa en porciones de 100 g, dejar reposar 10 minutos y estirar la masa. Añadir las espinacas, ajos, pasas, piñones y cerrar la masa. Cocer al horno durante 35 minutos a 180°C.

Descripción del producto: pieza de 250 g (peso cocido) con color exterior dorado. El interior está relleno de espinacas con ajo, pasas y, opcionalmente, piñones. Cuando se añade el relleno se cierra la masa haciendo un doblado, de aspecto similar a un cordón, visible después de la cocción. La masa es muy fina y frágil, con aspecto ligeramente aceitoso. Se vende envuelto en papel.

Aspectos socioeconómicos: en este establecimiento únicamente se elabora el producto durante la temporada de espinacas. La elaboración es diaria (30 unidades/día), siendo la producción superior los fines de semana. El principal consumidor es la población con edad superior a 50 años.

Composición nutricional de los *Panadons* de espinacas:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
283,12	283,12	45,54	4,08	13,90	35,42	1,06

Observaciones: producto originariamente elaborado en Semana Santa, por no contener carne. Es un producto que se encuentra con facilidad en muchos de los establecimientos panaderos de la provincia de Lleida durante todo el año. Por su tradición y arraigo a la zona, es un firme candidato a certificar mediante una IGP.

Resultados

Tabla 27. Ficha técnica del *Pa de ronyó*

PA DE RONYÓ

Nombre del establecimiento: Forn de pa i pastisseria Capell.

Población: Les Borges Blanques.

Fecha de recogida de muestra: 6 de noviembre de 2009.

Formulación (10 unidades de 200 g): 2400 g harina, 1200 g agua, 4 g sal y 1 g levadura.

Proceso de elaboración: amasar la harina, agua y levadura durante 20 minutos. A mitad del amasado, añadir la sal. Una vez finalizado el amasado, reposar en bloque 10 minutos, hacer un cordón de masa y dividir en porciones de 210 g. Cocer al horno en llama viva a 340°C durante 25 minutos.

Descripción del producto: piezas de 200 g (peso cocido), de forma irregular que recuerda a un *ronyó* o riñón. La forma del producto es resultado de la explosión que experimenta la masa al entrar en contacto con la llama en el horno. Cada pieza presenta una forma distinta, con una corteza firme con tonalidades que varían de amarillos claros o a marrones muy oscuros e incluso negros. La miga es muy consistente, con alveolos grandes e irregulares y con un alto contenido en humedad. Se vende envuelto en bolsas de papel.

Aspectos socioeconómicos: este producto existe desde hace más de 500 años, cuando cada familia amasaba su pan en casa y lo llevaba al horno comunitario para que lo cocieran. Actualmente, este panadero elabora unas 120 unidades/día, doblando la producción los fines de semana. La producción se reparte por numerosas poblaciones de las comarcas meridionales de Lleida, así como también se vende a personas de las comarcas de Tarragona y Barcelona que acuden al establecimiento del propietario.

Composición nutricional del *Pa de ronyó*:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
276,88	110,75	30,50	6,27	0,25	62,40	0,59

Observaciones: producto de origen medieval, cargado de evocaciones relacionadas con las tareas agrarias de la comarca de *Les Garrigues*. Por su larga historia y relación con la comarca, presenta una elevada potencialidad de ser protegido mediante una marca de calidad. Actualmente Innopan está trabajando para certificarlo con una IGP.



Figura 23. *Pa de ronyó*.

Tabla 28. Ficha técnica del Pan de cerveza San Miguel®

PAN DE CERVEZA SAN MIGUEL**Nombre del establecimiento:** Comercial Llaràs, S.L.**Población:** Lleida.**Fecha de recogida de muestra:** 9 de noviembre de 2009.**Formulación** (12 piezas de 150 g):

Masa madre: 1000 g harina, 200 g cebada mateada San Miguel®, 100 g pasas de Corinto trituradas, 20 g sal, 10 g levadura en polvo "Ale" San Miguel®, 10 g levadura, 2 mL aroma de lúpulo San Miguel®, 4 mL de aroma de cerveza San Miguel®, 330 g cerveza San Miguel® y 450 g agua.

Pan: 1000 g harina, 200 g harina de espelta integral, 20 g sal, 400 g masa madre, 30 g levadura, 2 mL malta caramelizada, 1 mL aroma de lúpulo San Miguel®, 2 mL aroma de cerveza San Miguel®, 450 g agua y 330 g cerveza San Miguel®.

Proceso de elaboración: primeramente preparar la masa madre amasando la harina, agua y cerveza durante 5 minutos, añadir el resto de ingredientes y amasar 13 minutos más. Dejar reposar la masa madre 24 horas. Para la elaboración del pan amasar las harinas, agua, cerveza y masa madre durante 5 minutos, añadir el resto de ingredientes y amasar 13 minutos más. Dejar reposar la masa en bloque una hora y dividir en piezas de 180 g. Fermentar durante 2 horas y media, hornear con vapor a 210°C durante 35 minutos.

Descripción del producto: piezas de 150 g (peso cocido), con corteza crujiente de tonalidades ligeramente marrones y miga de color dorado con alveolos pequeños y uniformes. Su olor, aroma y gusto recuerdan a la cerveza. Se vende sin envasar, envuelto en papel o en bolsas.

Aspectos socioeconómicos: se comercializa en panaderías artesanas de la ciudad y provincia de Lleida, des del 16 de octubre de 2009. Se elabora únicamente por algunas fiestas de la ciudad, como San Miguel, produciéndose unas 150 piezas/semana en este establecimiento. La producción global en la ciudad es de 500 unidades/semana.

Composición nutricional del Pan de cerveza San Miguel®:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
291,99	116,80	26,66	8,05	0,53	63,76	1,01

Observaciones: al tratarse de un producto novel, no es un buen candidato a proteger mediante una certificación de calidad.



Figura 24. Pan de cerveza San Miguel®.

Resultados

Tabla 29. Ficha técnica de la *Coca de Recapte*

COCA DE RECAPTE (ATÚN)

Nombre del establecimiento: Comercial Llaràs, S.L.

Población: Lleida.

Fecha de recogida de muestra: 9 de noviembre de 2009.

Formulación (6 unidades de 200 g):

Masa: 1000 g harina, 200 g aceite de oliva, 600 g agua, 15 g sal, 10 g levadura y mejorante.

Recapte: hortalizas troceadas o escalibadas como base; atún, longaniza, arenques, champiñones, aceitunas, etc. por la superficie (dependiendo del tipo de coca).

Proceso de elaboración: amasar todos los ingredientes, exceptuando el aceite, durante 12 minutos. A mitad del amasado añadir el aceite. Reposar 30 minutos, dividir la masa en piezas de 200 g, reposar 45 minutos más y estirar las piezas hasta conseguir unas dimensiones aproximadas de 60 cm x 20 cm. Añadir el *recapte*, rociar con aceite de oliva y hornear a 210°C durante 35 minutos. A la salida del horno rociar nuevamente con aceite de oliva.

Descripción del producto: pieza de unos 200 g de masa (peso cocido), que con el *recapte* llega a los 800 g. Existen distintas tipologías, según el *recapte* añadido. Se comercializan envasadas en caja de cartón, sobre papel satinado.

Aspectos socioeconómicos: en este establecimiento se elaboran 5 unidades al día. En el conjunto de la provincia se elaboran 1025 unidades al día. El volumen de ventas incrementa por San Juan. Es un producto consumido por gente de todas las edades.

Composición nutricional de la *Coca de Recapte*:

Energía (Kcal.)		Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	HC (% MH)	Minerales (% MH)
Por 100g	Por ración					
326,55	261,24	45,66	4,18	22,59	26,63	0,94

Observaciones: se trata de un producto muy tradicional de la provincia de Lleida. Actualmente Innopan está trabajando, junto con el *Gremi de Forners de la província de Lleida*, para proteger el producto mediante una IGP.



Figura 25. *Coca de Recapte*.

10.1.2. Análisis comparativo de los productos

A partir de los resultados de composición nutricional de los productos estudiados (Tablas 14-29) se ha realizado un análisis de componentes principales con el programa SAS Enterprise Guide V2, partiendo de una muestra de 16 productos con variables relacionadas con la composición básica y el valor energético por 100 g de producto. Las variables han sido: contenido en humedad, contenido en proteína, contenido en grasa, contenido en hidratos de carbono y contenido en minerales.

El análisis ha mostrado que los componentes principales que concentran la mayor parte de la variabilidad son el 1 y el 2, según la magnitud de los autovalores que se muestran en la **Tabla 30**. De este modo, el contenido en humedad y el contenido en proteína son los principales factores que explican las diferencias entre las muestras analizadas.

Tabla 30. Autovalores de la matriz de correlación (SAS Enterprise Guide V2).

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	2,07251949	0,60341320	0,4145	0,4145
2	1,46910629	0,52401232	0,2938	0,7083
3	0,94509397	0,43181377	0,1890	0,8973
4	0,51328020	0,51328017	0,1027	1,0000
5	0,00000004		0,0000	1,0000

Con la finalidad de obtener una representación gráfica de los resultados, se ha creado un trazado de componentes principales (**Figura 26**). A partir de este trazado y con la información obtenida en la tabla de autovectores (**Tabla 30**) se observa que los productos con un componente principal 1 elevado (% humedad) presentan un contenido importante en minerales. Asimismo, los productos con un contenido en hidratos de carbono elevado, tienden a presentar un componente principal 2 elevado (% proteína).

Tabla 31. Autovectores del análisis de componentes principales (SAS Enterprise Guide V2).

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5
Humedad	0,634701	-0,120227	-0,111028	-0,507521	0,559281
Proteína	0,299269	0,051282	0,901485	0,287629	0,111370
Grasa	-0,422922	-0,635121	0,018880	0,266157	0,588696
Hidratos de carbono	-0,252481	0,760670	-0,078899	0,152563	0,572829
Minerales	0,514765	-0,030286	-0,410386	0,752048	0,010286

Tabla 32. Comparativa de la composición nutricional de los 16 productos estudiados.

	Energía (Kcal/ 100 g)	Peso ración (g)	Energía (Kcal/ ración)	Humedad (%)	Proteína (% MH)	Grasas (% MH)	Hidratos de carbono (% MH)	Cenizas (% MH)	Peso pieza (g)
Pan de los templarios	275,57	40	110,23	29,92	3,62	0,09	65,07	1,30	390
Pan de caracol	334,57	35	117,10	28,85	3,03	10,65	56,65	0,82	35
<i>Orelletes</i>	613,36	60	368,02	4,73	1,57	46,89	46,27	0,54	60/85
Coca de panadero	400,18	80	320,15	14,85	0,98	12,40	71,18	0,59	800
Pan de nueces	342,16	40	136,87	24,37	5,37	8,82	60,33	1,11	360
Pan de aceite	397,39	40	158,96	21,12	2,29	17,15	58,46	0,97	150
Pa de pagès	289,00	40	115,60	28,18	7,19	0,83	63,20	0,61	370/620/1250
Llonguet	294,79	45	132,66	26,83	6,40	0,96	65,14	0,67	90
Pan de <i>Torró</i> <i>d'Agramunt</i>	366,15	50	183,07	23,30	7,04	12,68	55,96	1,01	100
Coca de huevo	378,33	80	302,66	22,84	6,82	14,51	55,11	0,72	340
Coca de pan	463,10	80	370,48	2,63	0,43	15,23	81,08	0,63	500
Galletas de La Noguera Pallaresa	584,34	38	219,13	1,98	8,25	38,96	50,18	0,63	13
<i>Panadons</i> de espinacas	283,12	100	283,12	45,54	4,08	13,90	35,42	1,06	250
<i>Pa de ronyó</i>	276,88	40	110,75	30,50	6,27	0,25	62,40	0,59	200
Pan de cerveza San Miguel®	291,99	40	116,80	26,66	8,05	0,53	63,76	1,01	150
Coca de <i>recapte</i> (atún)	326,55	80	261,24	45,66	4,18	22,59	26,63	0,94	800

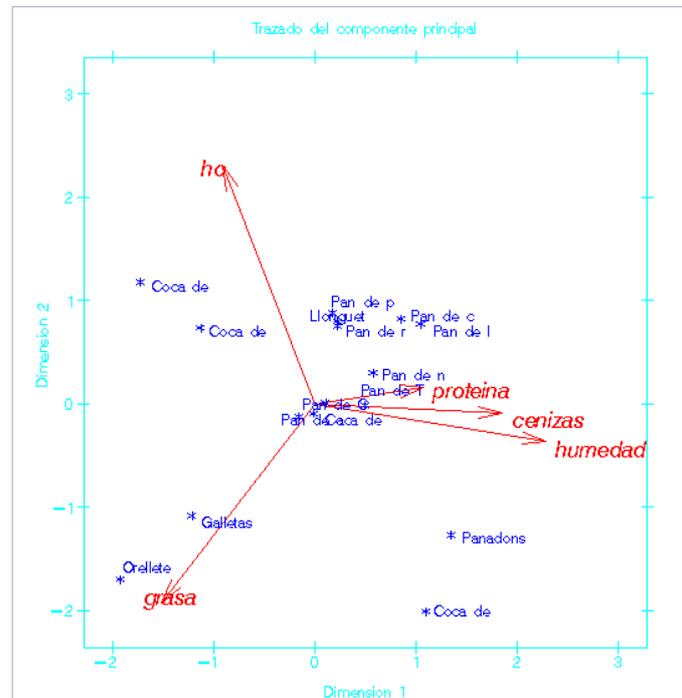


Figura 26. Trazado de componentes principales (SAS Enterprise Guide V2).

El análisis de la **Figura 26** permite establecer agrupaciones de los 16 productos analizados en base a su composición nutricional básica:

- Los productos con mayor contenido en grasa (*Orelletes* y *Galletas* de La Noguera Pallaresa) son los que a su vez presentan menor contenido en humedad. Las *Orelletes*, el producto que presenta un mayor contenido en grasa, es el único producto sometido a fritura durante su proceso de elaboración. El resto de productos presentan un bajo contenido en grasa.
- Los *Panadons* de espinacas y la *Coca de recapte* son los productos que presentan un mayor contenido en humedad, a la vez que presentan un contenido importante de grasa y un muy bajo contenido en hidratos de carbono. Estos dos productos son los únicos que presentan verduras en su composición, lo que repercute en este contenido en humedad superior.
- La *Coca de pan* y la *Coca de panadero* son los productos que presentan un mayor contenido en hidratos de carbono, al mismo tiempo que presentan un bajo contenido en proteínas y en humedad.

Resultados

- El *Pa de pagès*, el *Llonguet* i el *Pa de ronyó* forman un grupo bastante uniforme, con contenidos similares de macronutrientes, humedad y minerales.
- El Pan de nueces, el Pan de *Torró d'Agramunt*, el Pan de aceite, el Pan de cerveza San Miguel® y la Coca de huevo, conforman otro grupo con contenidos similares de los macronutrientes analizados, humedad y minerales.

En la **Tabla 32** se detalla el valor energético que aporta una ración de cada uno de los productos objeto de estudio. La energía aportada por ración se encuentra en un rango que oscila entre las 110,23 Kcal (Pan de los templarios) y 370,48 Kcal (Coca de pan).

Al agrupar los productos según rangos de valor energético por ración de producto (**Tabla 33**) se observa que el intervalo donde se agrupan mayor número de productos (37,5%) es el correspondiente a 100-150 Kcal/ración. Los rangos restantes agrupan, cada uno, a un 12,5% de los productos, exceptuando el intervalo correspondiente a 200-250 Kcal/ración, en el que únicamente se encuentra un producto (6,25%).

Tabla 33. Agrupación de productos según aportación energética por ración.

Rango (Kcal/ración)	Productos	Valor energético (Kcal/ración)
100-150	Pan de los templarios	100,23
	<i>Pa de ronyó</i>	110,75
	<i>Pa de pagès</i>	115,60
	Pan de cerveza San Miguel®	116,80
	Pan de caracol	117,10
	Pan de nueces	136,87
150-200	Pan de aceite	158,96
	Pan de <i>Torró d'Agramunt</i>	183,07
200-250	Galletas de La Noguera Pallaresa	219,13
250-300	Coca de <i>Recapte</i>	261,24
	<i>Panadons</i> de espinacas	283,12
300-350	Coca de huevo	302,66
	Coca de panadero	320,15
>350	<i>Orelletes</i>	368,02
	Coca de pan	370,48

10.2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL PRODUCTO DE PANADERÍA A REFORMULAR

A partir de los 16 productos de panificación y bollería estudiados en la primera parte de la presente tesis doctoral, se ha trabajado en el desarrollo de un producto de panificación con elevado valor tecnológico y funcional.

Por su propio valor nutricional, por la importancia del aceite de oliva en la Dieta Mediterránea y por la potencialidad de convertirse en un producto con efectos beneficiosos para la salud de los consumidores, se ha escogido al pan de aceite como producto a desarrollar tecnológicamente y funcionalmente.

Es importante tener en cuenta que el desarrollo de un pan con aceite de oliva virgen tiene como objetivo final la mejora de la salud de los consumidores, al mismo tiempo que contribuye de manera positiva al aumento de oferta de productos con base harina. Durante los últimos años ha aumentado la prevalencia de enfermedades crónicas asociadas al consumo de alimentos densamente energéticos, junto con una disminución del nivel de actividad física; debidos principalmente al ritmo de vida actual. En este sentido son numerosos los estudios epidemiológicos que demuestran los beneficios del consumo de aceite de oliva virgen sobre la salud humana. Entre sus efectos beneficiosos destacan los cardioprotectores, antioxidantes, antiaterogénicos, anticancerígenos y los neuroprotectores, entre otros.

Debido a que el pan es un alimento básico que se adapta cuantitativamente a las ingestas necesarias para que el efecto de un ingrediente o alimento funcional sea óptimo, el desarrollo de un pan con aceite de oliva virgen constituye una herramienta para satisfacer la demanda de productos que promueven la salud y el bienestar, al mismo tiempo que contribuye a ampliar la gama de productos con base harina.

Además del valor funcional del aceite de oliva, es importante destacar también su valor tecnológico. La utilización de aceite de oliva en panificación no es una práctica frecuente, ya que su incorporación requiere cambios en el proceso de elaboración y repercute en la calidad sensorial del producto final. Cabe destacar que en la bibliografía existente son escasas las investigaciones centradas en el efecto de la incorporación de aceite de oliva en las propiedades físicas, químicas, reológicas y tecnológicas de las matrices panarias, así como las repercusiones físicas, químicas y sensoriales en el producto final. Es por este motivo que es necesario estudiar el comportamiento de las masas panarias que incorporan aceite de oliva a distintas concentraciones, así como su repercusión en las propiedades físicas, químicas y sensoriales en el producto final, estudios que se han llevado a cabo en la presente tesis doctoral.

Resultados

10.3. DEFINICIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE TRABAJO DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN EN UNA MATRIZ PANARIA

10.3.1. Estudios previos

10.3.1.1. Patentes

Las patentes publicadas y relacionadas con el uso de aceite de oliva como ingrediente en productos de panadería (grupo A21 del sistema Europeo de Clasificación) se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34. Patentes que relacionan aceite de oliva y productos de panadería.

Título:	Torta plana con aceite de oliva virgen extra.
Número de publicación:	HRP20110123
Fecha de publicación:	31 de agosto de 2012
Solicitante:	Miletic, Deana (Croacia)
Resumen:	No disponible.
Derecho de la patente:	No disponible.
Título:	Masa para tartas preparada con aceite de oliva virgen extra.
Número de publicación:	HRP20050449
Fecha de publicación:	31 de mayo de 2007
Solicitante:	Vukueic, Cvita (Croacia)
Resumen:	Masa para pasteles con base aceite de oliva virgen extra, sin aditivos químicos, biológicos ni conservantes. La grasa utilizada es exclusivamente aceite de oliva virgen extra. La masa obtenida permite la elaboración de pasteles con un gusto especial y mayor vida útil, antes y después de la cocción.
Derecho de la patente:	No disponible.
Título:	Método de elaboración de productos de pastelería, tipo croissants, con embutido, queso en crema y aceite de oliva en la masa.
Número de publicación:	US2007059403
Fecha de publicación:	15 de marzo de 2007
Solicitante:	Creta Farm Anonims Viomichani (Grecia)
Resumen:	Método de elaboración de productos de pastelería, tipo croissants, con carne cocida y relleno de crema de queso, con incorporación directa o indirecta de aceite de oliva en la masa. El almacenamiento y transporte de la masa se realiza en refrigeración. Este método incluye las siguientes etapas de producción: 1. Preparación de la emulsión específica para la incorporación del aceite de oliva.

2. Preparación del fermento líquido para ajustar de manera estable el pH utilizando medios biológicos y creando condiciones que mejoran la conservación y las propiedades organolépticas del producto final.
3. Preparación y maduración de las masas tipo croissant en dos fases, así como la formulación, multiplicación y planchado de las hojas en el grosor especificado.
4. Cortado de la masa, incorporación automática de la carne cocida, doblado y maduración prolongada.
5. Enhornado, pre-cocción e inyección de la crema de queso en condiciones asépticas.
6. Envasado en atmosfera protectora de gases inertes, transporte y almacenaje en refrigeración.

Derecho de la patente: Vigente.

Título: Panecillos con germen de trigo y aceite de oliva como ingredientes adicionales.

Número de publicación: DE20302699

Fecha de publicación: 17 de julio de 2003

Solicitante: Katzschner Werner (Alemania)

Resumen: Los panecillos con aceite de oliva se caracterizan por el hecho de añadir aceite de oliva a la harina de germen de trigo. También se utilizan otros ingredientes, como estabilizadores, sal, levadura e ingredientes propios de los productos de panificación. Los productos anteriores se incluyen juntamente con el trigo y/o con los granos de centeno.

Derecho de la patente: No disponible.

Título: Proceso de elaboración de un pan con aceite de oliva.

Número de publicación: KR20030013897

Fecha de publicación: 15 de febrero de 2003

Solicitante: Kim Dae Yeong (Corea)

Resumen: Se presenta el proceso de elaboración de un pan que contiene aceite de oliva, ingrediente que mejora el sabor y el flavor del pan, incrementando el rendimiento de producción y disminuyendo los costes de producción de este.

El proceso de elaboración del pan con aceite de oliva comprende las etapas siguientes: introducción de los ingredientes (25,9-27,9% de harina de fuerza, 28,9-30,9% de harina de fuerza media, 2,3-2,5% de

Resultados

levadura, 1,7-1-9% de azúcar, 33,7-35,7% de agua, 0,5-0,7% de sal y 1,1-1,3% de aceite de oliva), amasado a velocidad lenta durante 2-4 minutos, amasado a velocidad rápida durante 12-14 minutos, añadir 2,4-2,6% de margarina y amasado durante 2-4 minutos a velocidad lenta y 14-16 minutos a velocidad rápida. Fermentar la masa a 27-29°C y una humedad del 79-81% durante 49-51 minutos. Una vez fermentada la masa se coloca en un molde y se deja fermentar (27-29°C y 79-81% de humedad) durante 54-56 minutos. Finalmente se cuece la masa a 189-191°C durante 39-41 minutos y se corta a rebanadas. Las rebanadas se secan al horno a 99-101°C y se dejan enfriar a temperatura ambiente.

Derecho de la patente: No disponible.

Fuente: Espacenet, Oficina Española de Patentes y Marcas.

Las innovaciones encontradas referentes a este tipo de producto han sido pocas y únicamente en dos casos se ha mencionado el aceite de oliva virgen extra como constituyente de la formulación (Vukueic, C., 2007 y Miletic, D., 2012). El resto de innovaciones hacen referencia únicamente a aceite, sin especificar el tipo, naturaleza, calidad, ni cantidad; exceptuando la patente desarrollada por Kim Dae Yeong (2003), en la que se detalla el tipo de aceite, su concentración en formulación y el proceso de elaboración.

Al realizar la búsqueda de patentes sin tener en cuenta que el aceite sea de oliva, el número de resultados es superior a las 500 entradas, aunque en la mayoría de los casos se hace referencia a composiciones de grasa y aceite, no siendo de utilidad para el objetivo de estudio de la presente tesis. En la **Tabla 35** se detallan algunos de los resultados obtenidos tras realizar la búsqueda con la palabra clave "aceite" y haciendo referencia al grupo A21 (Sistema Europeo de Clasificación, ECLA).

Tabla 35. Ejemplo de patentes que relacionan aceite y productos de panadería.

Título:	Uso de aceite encapsulado para preparar una masa.
Número de publicación:	WO2012089666
Fecha de publicación:	5 de julio de 2012
Solicitante:	Nestec, S.A. (Suiza); Arfsten, J. (Suiza); Betz, R. (Alemania); Mezzenga, R. (Suiza); Ulrich, S. (Suiza); Savin, G. (Francia); Valles, B. (Italia).
Resumen:	Se describe el uso de aceite encapsulado para la preparación de una masa. La encapsulación del

	aceite comprende un núcleo interno de aceite encapsulado por una cubierta externa de proteína reticulada, en el que el aceite encapsulado representa, como mínimo, el 80% del peso del aceite. La masa es formada mediante amasado de un 0,5-40% de aceite encapsulado junto con el resto de ingredientes.
Derecho de la patente:	No disponible.
Título:	Composición de aceite y grasa para productos de panadería.
Número de publicación:	JP2012024002
Fecha de publicación:	9 de febrero de 2012
Solicitante:	Kao Corporation (Japón)
Resumen:	No disponible.
Derecho de la patente:	No disponible.
Título:	Composición de aceite y grasa para productos de panificación.
Número de publicación:	US2009226563
Fecha de publicación:	10 de septiembre de 2009
Solicitante:	Kao Corporation (Japón)
Resumen:	La presente invención proporciona una composición de grasa y aceite para productos de panadería, conteniendo un 20-60% en peso de los siguientes componentes (A) y un 3-20% en peso, en base al peso seco, de los siguientes componentes (B): (A) grasas y aceites que contienen un 10-90% del peso en diacilglicerol; (B) yema de huevo y un producto de panificación que contiene el mismo.
Derecho de la patente:	No disponible.
Título:	Composición de aceite y grasa para prevenir la migración del contenido de agua en productos de panadería.
Número de publicación:	JP2009039076
Fecha de publicación:	26 de febrero de 2009
Solicitante:	Adeka Corporation (Japón)
Resumen:	Se proporciona una composición de aceite y grasa para prevenir la migración del contenido de agua en los productos de panificación, permitiendo diseñar libremente la formulación para la masa y siendo capaz de mantener la textura crujiente de la corteza desde justo después de su horneado y manteniéndose con el tiempo. La composición de aceite y grasa se regula mediante el contenido de grasa sólida en la fase aceitosa, pudiendo ser igual o superior al 55% a 25°C e igual o superior al 60% a

Resultados

	35°C.
Derecho de la patente:	No disponible

Fuente: Espacenet, Oficina Española de Patentes y Marcas.

10.3.1.2. Elección de la harina

Para el desarrollo del pan con aceite ha sido necesario escoger una harina adecuada, entendiéndose como harina el producto finamente triturado obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio.

Las harinas se pueden clasificar según su fuerza (W), equilibrio (P/L), contenido en proteínas, cenizas y gluten en: harinas muy flojas, harinas flojas, harinas de fuerza media y harinas de gran fuerza. Esta clasificación viene dada según el tipo de producto a elaborar y el proceso de elaboración que este requiere. Así, por ejemplo, las harinas flojas se utilizan en líneas totalmente automáticas, con procesos muy rápidos, fermentaciones de 45-60 minutos y con una presencia importante de aditivos. En cambio, las harinas de gran fuerza se usan en confitería y repostería, para elaborar ensaimadas, pan de molde, pan gallego, etc.

Para la elaboración de un pan que incorpore aceite de oliva es conveniente trabajar con harinas de fuerza o fuerza media, con tenacidad y extensibilidad, ya que son indicadas para elaboraciones que incorporen algún tipo de grasa, como es el aceite de oliva, para contrarrestar la disminución de la capacidad de estiramiento de las masas.

Para el desarrollo del pan con aceite de oliva se ha utilizado una harina de media fuerza con las características especificadas en la **Tabla 36**, según la ficha técnica de especificaciones de la harina.

Tabla 36. Especificaciones técnicas de la harina utilizada en el desarrollo del pan con aceite de oliva.

Definición del producto:	Harina obtenida de la molturación de trigo.
Características organolépticas:	Aspecto pulverulento sin impurezas ni materiales extraños, con ausencia de olores y sabores extraños.
Características químico-reológicas:	Proteínas (mínimo): 10,8% s.s.s. Cenizas (máximo): 0,6% s.s.s. Amilograma: 600 u.a. P/L (mínimo-máximo): 0,35-0,6 W (mínimo-máximo): 140-180x10 ⁻⁴ J

10.3.1.3. Elección del aceite de oliva

De acuerdo con el principal objetivo del trabajo, obtener un producto de panificación con elevado valor tecnológico y funcional, se ha escogido un aceite de oliva virgen extra como ingrediente a formar parte de la formulación. Este tipo de aceite se caracteriza por obtenerse directamente de las aceitunas, mediante procedimientos físicos, sin tener ningún tipo de contacto con disolventes orgánicos y con una temperatura máxima durante la extracción de 35°C. Estas condiciones impiden que la acidez máxima del aceite sea superior a 0,8°. Sin embargo, el mayor interés por este tipo de aceite recae en su contenido en antioxidantes naturales, concretamente fenoles.

Por motivos geográficos (proximidad) y de calidad, se ha escogido al “Oli d’oliva Verge Extra Denominació d’Origen Protegida de Les Garrigues”, elaborado a partir de aceitunas de la variedad *Arbequina* (Tabla 37).

Tabla 37. Parámetros de calidad del aceite de oliva D.O.P. Les Garrigues.

Humedad (%)	< 0,1
Acidez (°)	< 0,5
Peróxidos (miliequivalentes/Kg)	Máximo 15
K270 (°)	Máximo 0,15
Impurezas (°)	< 0,1
Polifenoles (mg/100 g)	18
Ortodifenoles (mg/100 g)	0,8

Fte. D.O.P. Les Garrigues (www.olidoplesgarrigues.com)

Aunque está regulado por el reglamento de la Denominación de Origen que la acidez máxima del aceite puede ser del 0,5°, los aceites comercializados con su sello tienen una acidez media inferior a 0,2°. Este grado de acidez está relacionado directamente con el contenido en ácidos grasos libres, que es mayor cuanto mayor es la temperatura a la que se produce la extracción del aceite.

Al margen de la elección del tipo de harina y aceite para el desarrollo del producto, se ha revisado la información recopilada durante la visita al horno *Forn d’en Jordi* donde se muestrearon los panes con aceite analizados en la primera parte del trabajo. En esta visita se recopiló información referente a los ingredientes utilizados y a los parámetros del proceso de panificación, tenidos en cuenta como protocolo base de partida en las pruebas realizadas en la planta piloto de Innopan.

Resultados

10.3.1.3. Estudio de mercado

El análisis de mercado realizado en la ciudad de Lleida ha indicado que la comercialización de productos con base harina y aceite de oliva es una práctica habitual en todo el territorio (**Tabla 38**). Sin embargo, la mayoría de productos detectados han sido panes de molde industriales y tostadas, no siendo muy común encontrar pan fresco, a excepción de las cocas de aceite (comercializadas en algunas panaderías de la ciudad aunque sin indicar el porcentaje de aceite de oliva). En este punto es importante destacar que ninguna de las elaboraciones incorpora aceite de oliva virgen extra y que, en la mayoría de los casos, no se especifica la cantidad de aceite en el listado de ingredientes.

Con estos resultados se puede afirmar que, debido a la diferenciación del producto, además de los potenciales efectos beneficiosos derivados de su consumo, la elaboración de un pan con aceite de oliva virgen extra constituye una ventaja competitiva dentro del mercado de los productos de panificación.

Tabla 38. Productos base harina elaborados con algún tipo de aceite y comercializados en Lleida.

Tipo de pan	Nombre comercial (marca)	Tipo de aceite	Cantidad reportada (%)
PAN BLANCO	100 % Natural (Bimbo)	Aceite de oliva	1,2
	DHA (Bimbo)	Aceite de oliva	1,1
	Pan sándwich con corteza (Bimbo)	Aceite de oliva	N.E.
	Buenísimo (Bimbo)	Aceite de oliva refinado	1,1
	Pan con corteza tierna blanca (Bimbo)	Aceite de oliva	N.E.
	Pan blanco con fibras sin corteza (Bimbo)	Aceite de oliva	N.E.
	Pan inglés (Semilla de Oro)	Aceite de oliva	N.E.
	Pan rústico (Semilla de Oro)	Aceite de oliva	N.E.
PAN INTEGRAL	Pan con corteza (Silueta)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan 8 cereales con corteza (Silueta)	Aceite de girasol	N.E.
	Pan con corteza tierna integral (Silueta)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan sin corteza (Silueta)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan 8 cereales sin corteza (Silueta)	Aceite de girasol	N.E.
	Pan inglés (Semilla de Oro Integral)	Aceite de girasol	N.E.
	Pan de molde integral sin azúcares añadidos (Hacendado)	Aceite de girasol	N.E.

Resultados

PAN DE HORNO	Pan redondo cortado (Bimbo)	Aceite de oliva refinado	0,6
	Barra de pan de horno tierna (Bimbo)	Aceite de oliva refinado	0,6
	Metropolitan (Bimbo)	Aceite de oliva refinado	0,5
	Barra de pan cortada (Mercadona)	Aceite de girasol	1,0
	Redondo cortado (Mercadona)	Aceite de girasol	1,0
	Barra cortada multifibras 7 (Mercadona)	Aceite de girasol	1,0
TOSTADO	Barritas tostadas integrales (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Barritas normales (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Mini panecillos tostados (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan tostado normal (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan tostado integral (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan tostado multicereales (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan tostado integral muy bajo en sal y bajo en azúcar (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Pan tostado sin sal (Ortiz)	Aceite vegetal	N.E.
	Tostado integral (Silueta)	Aceite vegetal	N.E.
	Tostado 8 cereales (Silueta)	Aceite vegetal	N.E.
	Tostado integral sin sal (Silueta)	Aceite vegetal	N.E.
	Tostado integral bajo en sal y bajo en azúcar (Silueta)	Aceite vegetal	N.E.
	Picos (Bimbo)	Aceite y grasa vegetal	N.E.
	Rosquizos (Bimbo)	Aceite y grasa vegetal	N.E.
	Bastoncillos aceite de oliva (Bimbo)	Aceite de oliva refinado	10
	Bastoncillos integrales (Bimbo)	Aceite de oliva refinado	8
	Tostaditas redondas integrales (Silueta)	Aceite de palma	N.E.
	Mini tostadas integrales (Silueta)	Aceite de palma	N.E.
Mini tostadas (Bimbo)	Aceite de palma	N.E.	
Mini tostadas redondas (Bimbo)	Aceite de palma	N.E.	

(N.E.: no especificado)

Resultados

10.3.2. Definición de las especificaciones del producto: formulación y técnica

10.3.2.1. Formulación

Para cada uno de los ensayos realizados se ha establecido una fórmula base consistente en: 500 g de harina de media fuerza, 2,0% de levadura seca (para minimizar las diferencias entre ensayos), 1,8% de sal comercial y 54,4% de fracción líquida. La parte líquida se ha repartido entre agua y aceite de oliva virgen D.O.P. Les Garrigues a distintas proporciones, según el ensayo. Los porcentajes de la fórmula base se expresan en porcentaje panadero, es decir, en relación al contenido de harina.

Las características químicas y reológicas de la harina utilizada, así como algunos parámetros de calidad del agua utilizada, se detallan en la **Tabla 39**.

A partir de la formulación base se han realizado 12 ensayos, las formulaciones de los cuales han presentado concentraciones de aceite de oliva distintas: 0, 4, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 55, 60, 65 y 75%, respecto al volumen total de fracción líquida. Las formulaciones con porcentajes iguales o superiores al 60% de aceite de oliva, al finalizar el amasado no han conseguido formar una masa ligada, por este motivo no han sido evaluadas y se consideran no viables tecnológicamente. Así mismo, se ha observado que concentraciones mayores de aceite de oliva se corresponden con masas de color más oscuro y con mayor dificultad de ligado durante el amasado.

La nomenclatura usada para designar a los panes a lo largo de este trabajo (0%, 4%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50% y 55%) hace referencia al porcentaje de aceite de oliva en base a la cantidad total de líquido usado en cada formulación. Así pues, la nomenclatura no corresponde al porcentaje de aceite de oliva del producto final.

Tabla 39. Parámetros químico-reológicos de la harina utilizada y parámetros de calidad del agua utilizada.

Harina La Meta								
Humedad (%)	Abs. agua (%)	R (%)	FN (s)	Cenizas (%)	G.I.	G.S. (%)	W (x10 ⁻⁴ J)	P/L
12,83	54,40	84,8	334,5	Máx. 0,6	92,90	8,58	140-180	0,35-0,6

Agua de red							
pH	Turbidez (UNF)	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)

7,77 1,53 107,0 152,1 50,49 1,12 22,69 31,19

Máx.: máximo

10.3.2.2. Evaluación fisicoquímica y reológica de las masas panarias con aceite de oliva

Para asegurar una manejabilidad y maquinabilidad adecuadas durante el proceso de panificación, es necesario describir los cambios en el comportamiento de las masas con aceite de oliva.

La temperatura y el pH de las masas son dos parámetros muy importantes en el proceso de panificación, ya que si sus valores no son adecuados el proceso de panificación no se desarrolla con normalidad, provocando defectos en el producto final. La etapa en la que se produce una mayor variabilidad del pH de las masas es la fermentación, momento en el que empieza a descender su nivel hasta llegar a valores aproximados de 5,5. En relación a la temperatura, su valor óptimo en las masas al final del amasado oscila entre 21 y 25°C, dependiendo de si el proceso es rápido o artesanal. Esta temperatura facilita el inicio de la fermentación. Por el contrario, una temperatura demasiado elevada impide la formación de la red de gluten durante la fermentación, alterando la textura del producto final.

En general, los resultados han mostrado que el pH y la temperatura de las masas tienden a aumentar cuando el porcentaje de aceite de oliva en la formulación aumenta (**Tabla 40**).

Tabla 40. Temperatura y pH de las masas con distintos porcentajes de aceite de oliva.

Concentración de aceite de oliva virgen (%)	Temperatura (°C)	pH
0	26,2	5,87
4	25,8	5,90
10	26,7	5,87
15	27,3	5,87
20	26,8	5,91
30	28,0	5,88
40	29,0	5,86
50	29,4	5,92
55	28,8	5,98

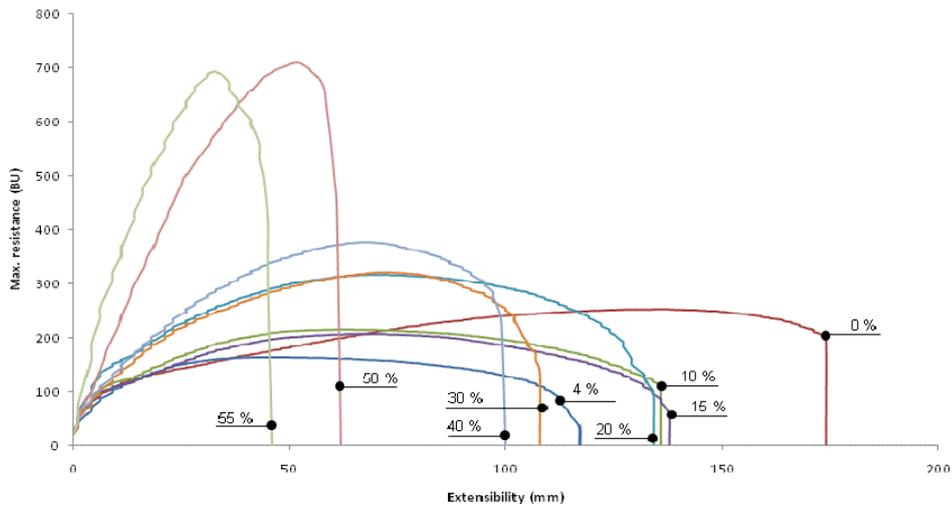
Las distintas concentraciones de aceite de oliva han generado diferentes tipos de masas, con propiedades reológicas distintas. La incorporación de aceite de oliva ha provocado una disminución de las propiedades elásticas de la masa, siendo muy

Resultados

inferior a la registrada por la masa elaborada sin aceite de oliva. **La Figura 27** (A, B y C) muestra las curvas de extensibilidad de las masas ensayadas después de reposar a $29 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 45, 90 y 135 minutos en las cámaras de reposo del extensógrafo. Las curvas de las masas con una concentración de aceite de oliva de 50 y 55% se han separado claramente del resto de curvas, presentando la mayor resistencia a la extensión en los tres tiempos de reposo.

Estableciendo como referencia la masa elaborada con un 0% de aceite de oliva (control), la adición de aceite ha provocado una menor extensibilidad y una mayor resistencia a la extensión en todas las formulaciones con aceite de oliva ensayadas, así como también en los tres tiempos de reposo. A pesar de este hecho, la formulación con un 20% de aceite de oliva se ha considerado como la concentración óptima ya que concentraciones superiores han tenido efectos negativos sobre la extensibilidad de las masas. A partir de este punto, al incrementar la concentración de aceite de oliva, la extensibilidad de las masas ha disminuido y la resistencia a la extensión ha aumentado.

A)



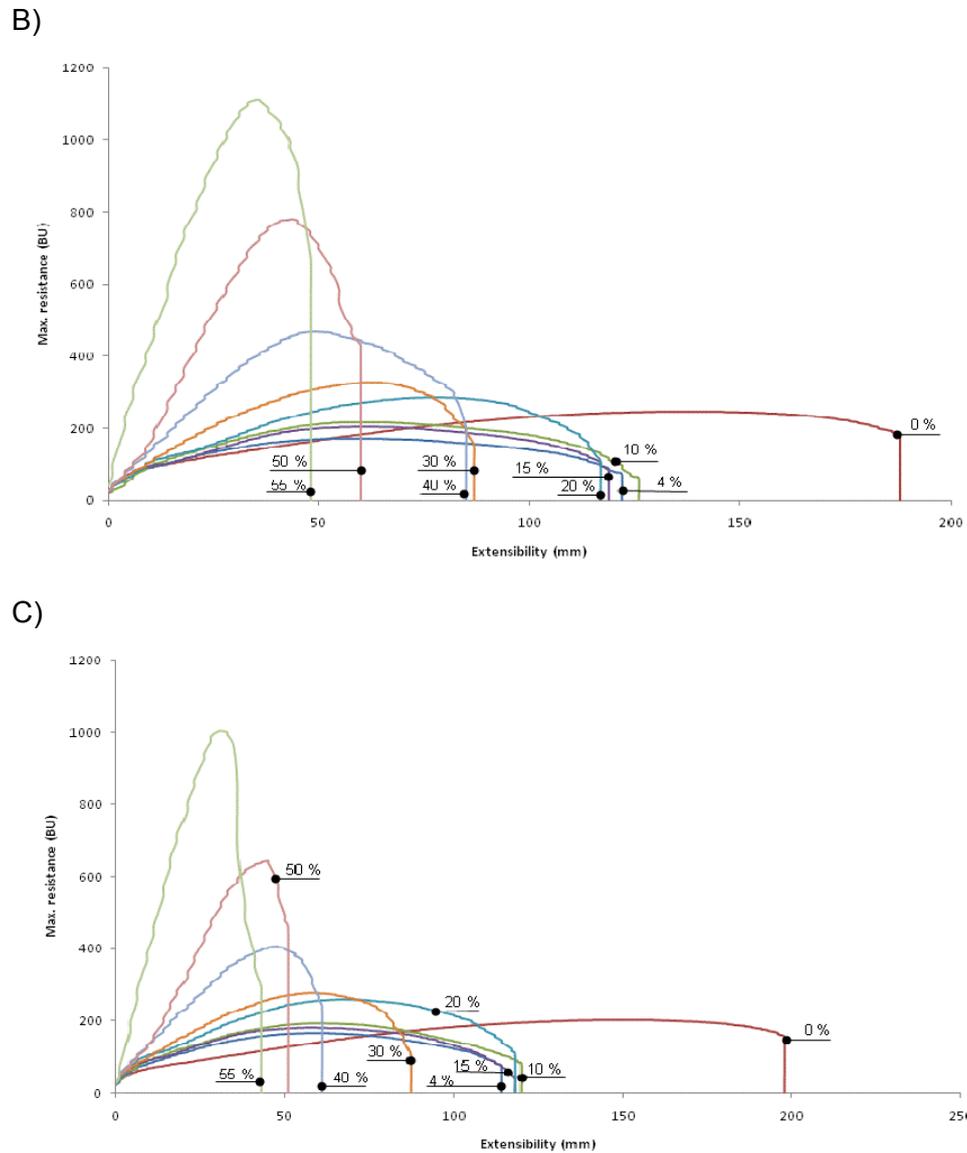


Figura 27. Extensogramas de las masas ensayadas después de: A) 45 minutos de reposo, B) 90 minutos de reposo y C) 135 minutos de reposo.

La correlación entre la resistencia que ofrecen las masas a su estiramiento y la extensibilidad que presentan es conocida como relación de tensión, parámetro muy ligado con la calidad de las masas. Los resultados han mostrado que la

Resultados

concentración de aceite de oliva es directamente proporcional a la relación de tensión, incrementándose la resistencia al estiramiento y disminuyéndose la capacidad de extensión. Este fenómeno confirma que concentraciones superiores al 20% de aceite de oliva tienen efectos negativos en la manejabilidad de las masas y, en consecuencia, éstas presentan una aptitud menos favorable para panificación.

Por otro lado, con los resultados obtenidos mediante el reofermentómetro, se ha estudiado el comportamiento de las masas durante la fermentación. La principal finalidad de esta determinación, exceptuando conocer el comportamiento de las masas que incorporan aceite de oliva, ha sido obtener información de utilidad para tenerla en cuenta posteriormente durante las pruebas de panificación. La **Figura 28** muestra las curvas de desarrollo de las masas registradas, mientras que la **Figura 29** presenta las alturas máximas alcanzadas por las masas durante las dos horas de ensayo. La masa elaborada con un 10% de aceite de oliva ha presentado el mejor comportamiento durante la fermentación, mostrando la altura máxima en masa (54,8 mm) y una excelente tolerancia. A partir de este punto la máxima altura alcanzada ha disminuido a medida que se ha incrementado la concentración de aceite de oliva. El menor desarrollo de masa, así como la menor altura alcanzada, ha correspondido a la masa elaborada con un 55% de aceite de oliva (16,8 mm).

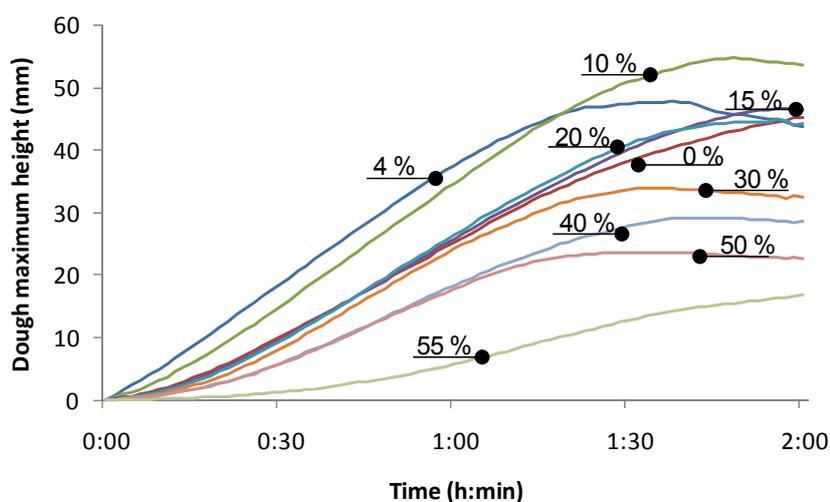


Figura 28. Curvas típicas de desarrollo de las masas elaboradas con distintos porcentajes de aceite de oliva.

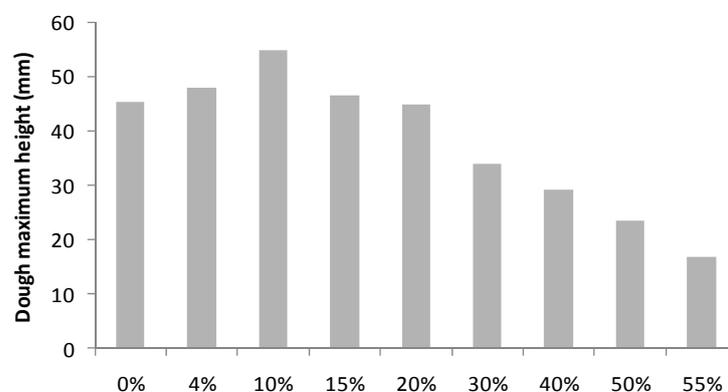


Figura 29. Altura máxima alcanzada por las masas elaboradas con distintos porcentajes de aceite de oliva.

10.3.3. Pruebas de panificación en planta piloto y valoración del producto

Partiendo de los resultados obtenidos del análisis de las masas en laboratorio se han establecido los tiempos de fermentación a aplicar para cada ensayo en planta piloto (**Tabla 41**). Para ello se ha tenido en cuenta: el tiempo de aparición de porosidad de la masa o momento en que la masa empieza a dejar escapar CO_2 (T_x), tiempo en el que se alcanza la máxima altura en la curva de desprendimiento gaseoso (T'_1) y el tiempo en el que se alcanza la máxima altura en la curva de desarrollo de la masa (T_1).

Tabla 41. Tiempos de fermentación establecidos para cada ensayo durante las pruebas de panificación.

Concentración de aceite de oliva (%)	Tiempo de fermentación (min)
0	90
4	58
10	75
15	60
20	60
30	95
40	95
50	95
55	95

Resultados

Mayores concentraciones de aceite de oliva han resultado en mayores tiempos de fermentación. Este fenómeno se ha debido principalmente a la pérdida de capacidad de extensibilidad de las masas y a la mayor densidad de éstas, como consecuencia de la incorporación de aceite de oliva. Sin embargo no se ha observado una clara tendencia entre la concentración de aceite de oliva y el tiempo de fermentación.

Con la finalidad de definir las condiciones idóneas del proceso de panificación se han diseñado 4 variables de proceso. Partiendo de una masa elaborada con 3 Kg de harina i un 15% de aceite de oliva, se han seguido 4 procesos distintos que se resumen en la **Tabla 42**.

Tabla 42. Variables aplicadas al proceso de panificación de una masa panaria con un 15% de aceite de oliva (en base al total de líquido).

Proceso	Reposo en bloque (min)	Reposo en bola (min)	Fermentación a 30°C y 85% humedad (min)
A	10	10	70
B	10	10	60
C	20	10	70
D	20	10	40

Los cuatro procesos ensayados han finalizado con una cocción a 190°C, con inyección de vapor durante los primeros cinco segundos, durante 25-30 minutos. Los productos resultantes han sido examinados visualmente (**Figura 30**): se ha examinado el volumen de las piezas al final del tiempo de reposo en bola, al final de la etapa de fermentación y al finalizar la cocción (sobre pieza entera y partida).

El proceso D ha resultado en piezas con una sección casi circular, lo que indica que la fermentación aplicada ha sido la correcta. Además, las piezas obtenidas mediante el procedimiento D han sido estéticamente más atractivas, obteniéndose una greña de mayor apertura y profundidad.

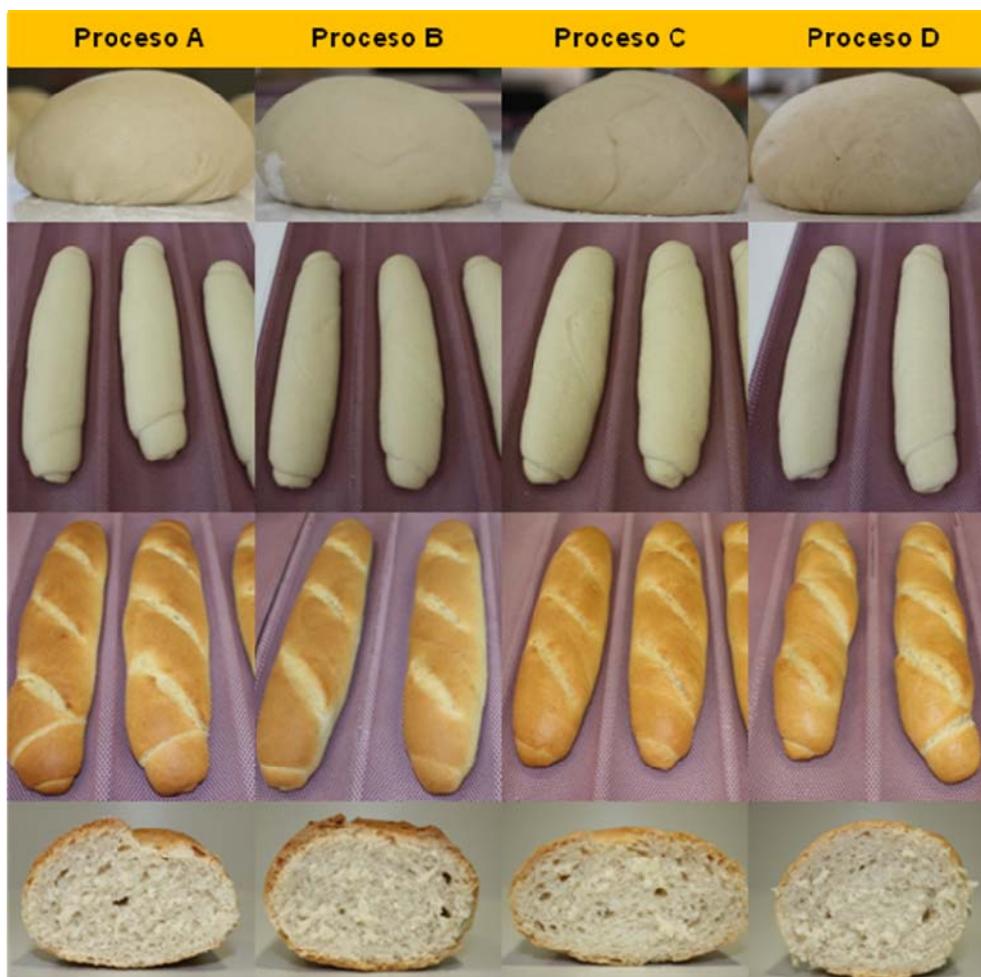


Figura 30. Aspecto de las piezas elaboradas con un 15% de aceite de oliva (en base al líquido total) en distintas etapas de los procesos aplicados.

Para seleccionar las concentraciones de aceite de oliva más apropiadas se ha llevado a cabo un análisis sensorial paralelo a las pruebas de panificación. Los resultados de esta evaluación han sido utilizados como información esencial para el desarrollo de las formulaciones en planta piloto. Los atributos relativos al olor de la miga han sido los que han mostrado más diferencias entre todos los atributos evaluados.

El análisis sensorial ha mostrado que la adición de aceite de oliva a elevados porcentajes reduce la aceptabilidad del producto final. Las muestras elaboradas

Resultados

con un 55% de aceite de oliva han mostrado un ligero olor anisado, aunque el panel de cata ha destacado un olor intenso a frito (aspecto negativo) que ha impedido distinguir el resto de atributos. Así pues, la formulación con un 55% de aceite de oliva ha resultado en un pan con poca aceptación sensorial. El panel de catadores ha resaltado también que el pan elaborado con un 20% de aceite de oliva muestra un olor similar al de un brioche o croissant, que favorece al producto y lo convierte en un pan aceptable sensorialmente.

10.4. ANÁLISIS DE LOS PANES SELECCIONADOS

A partir de los resultados obtenidos en laboratorio, planta piloto y en el análisis sensorial se ha definido la concentración óptima de trabajo de aceite de oliva virgen extra, que se ha situado en el intervalo comprendido entre 4% y 10%. En este intervalo de concentraciones las masas han presentado una mejor extensibilidad y se ha producido el mayor desarrollo de masa y la mayor producción de CO₂. Además, estas concentraciones han sido valoradas positivamente por el panel de catadores expertos de Innopan.

Los panes elaborados con un 4% y un 10% de aceite de oliva se han evaluado sensorialmente, se ha analizado la composición básica para establecer el perfil nutricional y se han determinado los principales parámetros relacionados con el volumen. Estos resultados se han comparado con los obtenidos al analizar un pan control, elaborado con un 0% de aceite de oliva.

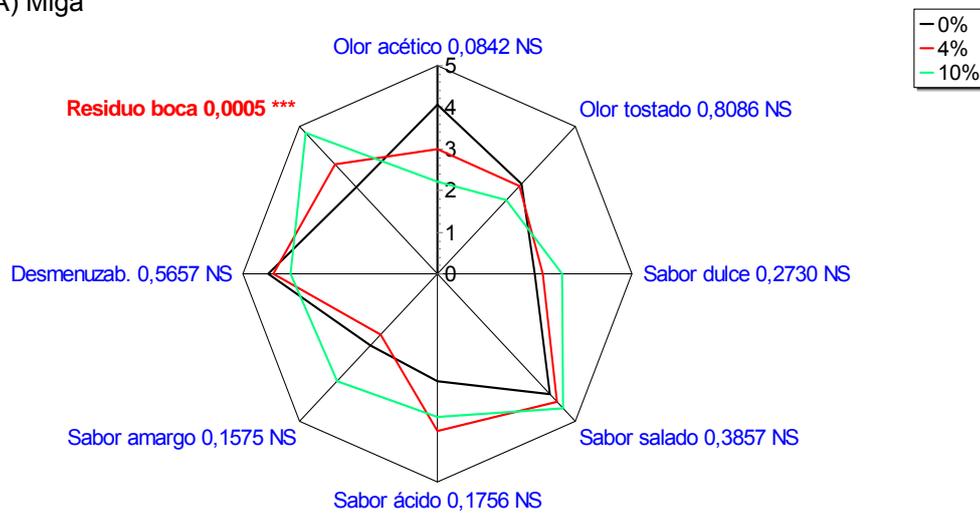
10.4.1. Evaluación sensorial de los panes

Se ha realizado una evaluación sensorial para estudiar la aceptabilidad de los panes elaborados con el intervalo de concentración óptima de aceite de oliva virgen extra, usando como control un pan elaborado sin aceite de oliva (0%). La evaluación sensorial ha mostrado pocas diferencias entre los panes elaborados con aceite de oliva y el control. En el caso de los atributos de miga (**Figura 31 A**) únicamente se han observado diferencias en el residuo en boca, siendo mayor cuanto mayor es el porcentaje de aceite de oliva. Para los atributos de corteza (**Figura 31 B**) el sabor dulce ha sido el único atributo que ha mostrado diferencias significativas, indicando que la presencia de aceite de oliva realza la percepción de sabor dulce. En el caso de los atributos relativos a la apariencia visual (**Figura 31.C**), han sido tres los atributos que han mostrado diferencias significativas. La apertura y la profundidad de la greña han disminuido al aumentar la concentración de aceite de oliva, mientras que la regularidad de los alveolos no ha mostrado una tendencia clara en relación con la concentración de aceite de oliva.

El perfil sensorial del pan elaborado con un 10% de aceite de oliva ha diferido del de los otros dos panes evaluados. El pan elaborado con un 10% de aceite de oliva

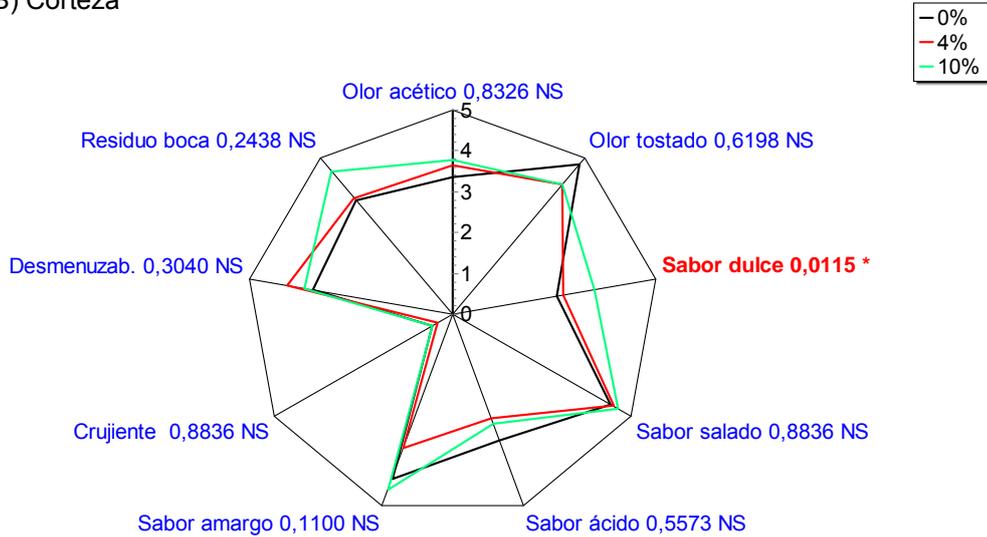
ha mostrado la mayor puntuación para el sabor dulce, salado y amargo, así como para la intensidad de residuo en boca. En el caso de la apariencia visual, este pan ha mostrado la menor puntuación en relación al tamaño y regularidad de los alveolos, apertura y profundidad de la greña (**Figura 31 C**). En general, el amargor y los sabores atípicos (sabores no característicos, generalmente asociados con el deterioro o transformación del producto) son percibidos como aspectos negativos (Holtekjølen *et al.*, 2008), por lo que es probable que el pan elaborado con un 10% de aceite de oliva presente una menor aceptación entre los consumidores, al compararlo con los otros dos panes evaluados.

A) Miga

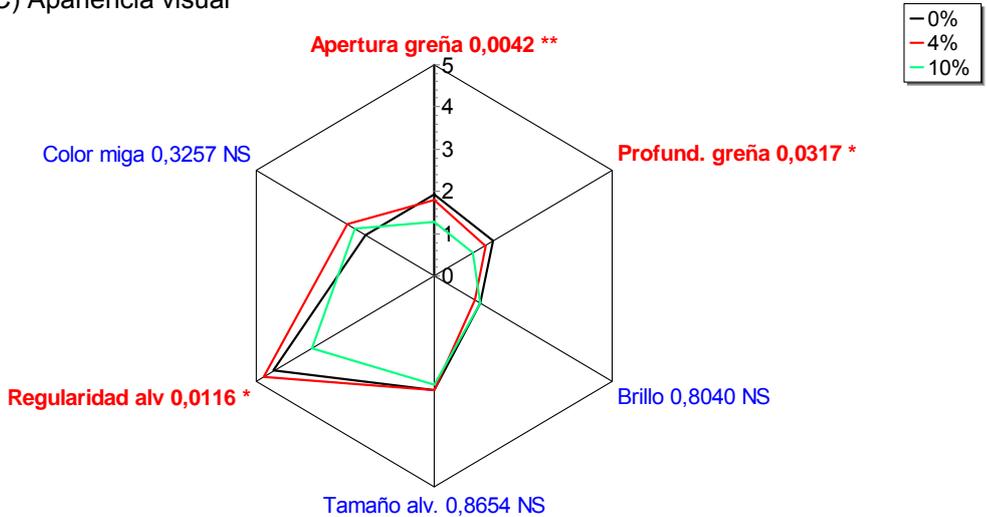


Resultados

B) Corteza



C) Apariencia visual



NS: No significativo al 5%; *: significativo al 5%; **: significativo al 1%; ***: significativo al 0,1%.

Figura 31. Gráfico de araña resultante de la evaluación sensorial de los productos finalistas (elaborados con 4% y 10% de aceite de oliva) comparados con un control (pan elaborado con 0% de aceite de oliva).

En referencia al pan elaborado con un 4% de aceite de oliva y en comparación con los otros dos panes evaluados, en general ha mostrado valores intermedios, aunque ha resultado menos amargo en miga y corteza y ha presentado valores más elevados para el tamaño y regularidad de los alveolos y color de miga. Al centrarnos en las propiedades de textura, el atributo que ha presentado más diferencias en los panes evaluados ha sido el residuo en boca de la miga, siendo el pan elaborado con un 10% de aceite de oliva el que ha presentado una intensidad más elevada para este atributo.

La evaluación sensorial de olor, sabor, flavor y textura no ha mostrado muchas diferencias significativas entre los panes evaluados para los atributos estudiados (**Tabla 43**). No obstante, en el caso de la evaluación de la apariencia visual es donde se han encontrado la mayoría de las diferencias significativas (tres de las cinco que se han obtenido). De este modo, la miga del pan elaborado con un 10% de aceite de oliva ha dejado mayor intensidad de residuo en boca. En referencia a los atributos de corteza, el sabor dulce ha mostrado diferencias significativas entre muestras, obteniendo mayores intensidades en el pan elaborado con un 10% de aceite de oliva.

Es importante destacar que los atributos relativos a la greña proporcionan información directa del proceso de elaboración del pan. Una fermentación limitada, un exceso de vapor durante la fermentación o un volumen de masa excesivo pueden causar defectos en la greña. En el caso de los atributos de apariencia visual, también ha sido la muestra elaborada con un 10% de aceite de oliva la que ha diferido del resto en referencia a la apertura de la greña, profundidad de la greña y regularidad de los alveolos, mostrando la menor puntuación para los tres atributos mencionados. Este fenómeno podría estar relacionado probablemente con la dificultad de fermentación como consecuencia de la presencia de aceite de oliva en la masa. Analizando todos los parámetros evaluados, el pan elaborado con un 10% de aceite de oliva difiere del pan elaborado con un 4% de aceite de oliva y del pan control, presentando estos dos últimos unos perfiles sensoriales muy similares.

Tabla 43. Efecto de la incorporación de aceite de oliva en la evaluación sensorial de los panes.

Muestra de pan	Parámetros	Sig.	Nivel de aceite de oliva (%)		
			0,0	4,0	10,0
Miga	Olor ác. acético	NS	4,07 ±0,93	3,00 ±2,00	2,21 ±1,82
	Olor tostado	NS	3,07 ±2,13	3,00 ±1,76	2,50 ±2,18
	Dulce	NS	2,50 ±1,08	2,71 ±0,99	3,21 ±1,35
	Salado	NS	4,07 ±1,30	4,36 ±1,31	4,57 ±1,30
	Ácido	NS	2,57 ±1,72	3,79 ±1,22	3,43 ±0,93
	Amargo	NS	2,43 ±2,13	2,07 ±1,43	3,64 ±1,89
	Desmenuzabilidad	NS	4,36 ±1,93	4,21 ±1,15	3,79 ±1,82

Resultados

	Residuo boca	***	2,93 ± 0,89 ^c	3,71 ± 1,11 ^b	4,79 ± 0,99 ^a
Corteza	Olor ác. acético	NS	3,36 ± 1,49	3,64 ± 1,35	3,79 ± 1,63
	Olor tostado	NS	4,79 ± 1,22	4,14 ± 1,55	4,14 ± 1,55
	Dulce	*	2,57 ± 0,61 ^b	2,71 ± 0,70 ^b	3,50 ± 1,04 ^a
	Salado	NS	4,43 ± 0,73	4,50 ± 0,50	4,64 ± 1,21
	Ácido	NS	3,29 ± 0,99	2,71 ± 1,29	2,86 ± 1,55
	Amargo	NS	4,29 ± 0,95	3,50 ± 1,50	4,57 ± 1,17
	Crujiente	NS	0,57 ± 1,13	0,43 ± 0,79	0,57 ± 1,13
	Desmenuzabilidad	NS	3,43 ± 1,48	4,07 ± 1,21	3,64 ± 1,52
	Residuo en boca	NS	3,64 ± 1,03	3,71 ± 1,15	4,57 ± 1,97
Pieza entera	Apertura greña	**	1,93 ± 1,10 ^a	1,79 ± 0,95 ^a	1,29 ± 0,70 ^b
	Profundidad greña	*	1,64 ± 1,18 ^a	1,43 ± 1,10 ^{ab}	1,07 ± 0,98 ^b
	Brillo	NS	1,29 ± 0,99	1,14 ± 0,94	1,29 ± 1,07
Pieza cortada	Tamaño alveolos	NS	2,71 ± 1,89	2,71 ± 2,50	2,57 ± 1,92
	Regularidad alv.	*	4,50 ± 2,53 ^a	4,79 ± 2,46 ^a	3,43 ± 1,92 ^b
	Color de la miga	NS	1,93 ± 0,98	2,43 ± 1,57	2,21 ± 1,07

Distintos superíndices (a, b, c) en una misma fila indican diferencias significativas. *Muestra los niveles de significación (* = $p < 0,05\%$, ** = $p < 0,01\%$, *** = $p < 0,001\%$).

10.4.2. Volumen de los panes

El volumen específico (relación entre el volumen y el peso) ha sido adoptado en la literatura como la medida más fiable para el pan blanco en relación a su proceso de elaboración. Este parámetro se ve afectado por el tiempo de fermentación (Ragae and Abdel-Aal, 2006), así como por la calidad y cantidad de proteínas de la harina de trigo (Zghal *et al.*, 2002; de Conto *et al.*, 2012). Los valores de volumen específico obtenidos (2,60-2,96 cm³/g) (**Tabla 44**) no han alcanzado el valor ideal de 6 cm³/g establecido para el pan blanco por Kim *et al.* (2005). Esto seguramente se ha debido a la dificultad de fermentación derivada de la presencia de aceite de oliva, así como al tiempo de fermentación corto aplicado. El pan control ha sido el que ha mostrado el volumen específico inferior, indicando que las condiciones de fermentación no han sido idóneas.

Tabla 44. Efecto del aceite de oliva sobre los parámetros de volumen.

Parámetros	Sig.	Nivel de aceite de oliva (%)		
		0,0	4,0	10,0
Volumen específico (g/mL)	**	2,60 ± 0,18 ^b	2,96 ± 0,08 ^a	2,63 ± 0,13 ^b
Peso (g)	*	202,72 ± 4,86 ^a	193,22 ± 3,54 ^b	202,38 ± 3,20 ^a
Volumen (L/cm ³)	NS	0,53 ± 0,03	0,57 ± 0,02	0,53 ± 0,02

Resultados

Altura (mm)	NS	281,75 ±1,48	280,80 ±0,67	285,05 ±8,12
Amplitud (mm)	NS	54,08 ±8,49	53,35 ±1,48	51,98 ±2,15
Profundidad (mm)	NS	63,40 ±2,31	61,67 ±0,77	61,10 ±2,45
Densidad (mL/g)	*	0,39 ±0,03 ^a	0,34 ±0,01 ^b	0,38 ±0,02 ^a
Ratio de Shape	NS	5,32 ±0,79	5,25 ±0,13	5,50 ±0,24

Distintos superíndices (a, b, c) en una misma fila indican diferencias significativas. *Muestra los niveles de significación (* = $p < 0,05\%$, ** = $p < 0,01\%$, *** = $p < 0,001\%$).

En general, el pan con un 4% de aceite de oliva ha mostrado unos parámetros de volumen distintos a los de los otros dos panes. Los panes elaborados con un 0% y un 10% de aceite han mostrado valores similares para el peso, volumen específico y densidad (**Tabla 44**). Además, el peso, la altura, la densidad y el ratio de shape han mostrado una tendencia similar, es decir, el pan elaborado con un 4% de aceite de oliva ha mostrado los valores más bajos mientras que éstos han aumentado en el pan elaborado con un 10% de aceite de oliva, sugiriendo a esta última concentración como nivel óptimo de trabajo de aceite de oliva en masas panarias.

10.4.3. Composición nutricional de los panes

El análisis de composición nutricional ha mostrado diferencias significativas en todos los parámetros, exceptuando el contenido en cenizas (**Tabla 45**). El contenido en humedad de los panes elaborados con aceite de oliva ha sido inferior al obtenido en el control. En referencia al contenido en proteína y grasa, así como al aporte calórico, se ha observado un incremento significativo a medida que se aumenta el porcentaje de aceite de oliva incorporado a la fórmula. En el caso del contenido en hidratos de carbono no se ha observado una clara tendencia.

Tabla 45. Efecto del aceite de oliva en la composición nutricional de los panes.

Parámetros	Sig.	Nivel de aceite de oliva (%)		
		0,0	4,0	10,0
Humedad (%)	***	18,82 ±0,17 ^a	14,47 ±0,00 ^b	14,50 ±0,04 ^b
Cenizas (%)	NS	1,00 ±0,06	0,92 ±0,04	1,10 ±0,06
Proteínas (%)	***	8,07 ±0,01 ^c	8,38 ±0,04 ^b	9,24 ±0,06 ^a
Lípidos (%)	***	0,26 ±0,01 ^c	2,11 ±0,11 ^b	5,83 ±0,31 ^a
Carbohidratos (%)	***	71,86 ±0,11 ^b	74,13 ±0,12 ^a	69,34 ±0,36 ^c
Energía (Kcal./ración)	***	128,81 ±0,22 ^c	139,62 ±0,29 ^b	146,70 ±0,47 ^a

Distintos superíndices (a, b, c) en una misma fila indican diferencias significativas. *Muestra los niveles de significación (* = $p < 0,05\%$, ** = $p < 0,01\%$, *** = $p < 0,001\%$).

Resultados

En la **Tabla 46** se muestra la contribución de una ración media diaria recomendada de pan a la ingesta de macronutrientes en una dieta estándar. Para estimar la adecuación nutricional de los panes elaborados con aceite de oliva, se ha calculado la contribución de macronutrientes siguiendo las recomendaciones españolas de consumo de pan (220-250 g/día). Este aporte de macronutrientes a la ingesta se ha calculado a partir de las recomendaciones de consumo energético diarias: 35% de lípidos, 55% de hidratos de carbono y 10% de proteína. Se ha considerado una ingesta diaria estándar de 2.300 calorías (adulto sano de 20 a 39 años).

Las raciones medias diarias del pan control y de los dos panes con aceite de oliva contribuyen de manera similar a la ingesta de proteínas y carbohidratos. Sin embargo, la ración diaria de pan con aceite de oliva contribuye en un 20,62% y 22,74% (para el pan elaborado con un 4% y un 10% de aceite de oliva, respectivamente) a la ingesta recomendada de grasas, mientras que el pan control contribuye en un 0,63%.

La adición de aceite de oliva a las masas panarias incrementa la contribución de los panes a la ingesta diaria recomendada de lípidos, así como también a la de proteínas (en menor grado). Este pequeño incremento en la contribución de proteínas podría ser debido a una menor desnaturalización de proteínas durante la fase de horneado, ya que la presencia de aceite de oliva en la masa de pan ralentiza el proceso de cocción.

Los resultados han mostrado que la adición de aceite de oliva a las masas panarias repercute en un mayor aporte de macronutrientes y, en consecuencia, un mayor aporte energético. Sin embargo, ingestas de 220 g/día de pan elaborado con un 10% de aceite de oliva no excederían del 50% de las IDR para lípidos y proteínas. En el caso de los hidratos de carbono, el aporte de la ración diaria de pan elaborado con un 4% de aceite de oliva ascendería hasta el 51,56%.

Tabla 46. Contribución de los panes elaborados con aceite de oliva a la ingesta de macronutrientes recomendada a partir del consumo diario recomendado de pan (220 g).

Macronutrientes	IDR (g)	Contribución a la IDR (%)		
		Control	4,0% aceite de oliva	10,0% aceite de d'oliva
Proteínas	57,5	30,88	32,06	35,35
Carbohidratos	316,3	49,99	51,56	48,23
Lípidos	89,4	0,63	20,62	22,74

En la tesi, participen empreses, existeix conveni de confidencialitat o possibilitat de generar patents, que afecta als capítols de la tesi 10.5, 10.6 i 10.7 els quals no han de ser publicats.

11. CONCLUSIONES

Conclusiones

Las conclusiones extraídas de la realización de la presente tesis doctoral se resumen a continuación:

1. Los productos de panadería y bollería tradicionales de la provincia de Lleida analizados, a pesar de encontrarse dentro del mismo grupo de alimentos y elaborarse con base harina, tienen una composición nutricional y un valor energético muy diverso, derivados de los procesos de elaboración aplicados y de las materias primas utilizadas.
2. El contenido en proteínas y humedad de los productos de panadería y bollería analizados son los dos componentes que mejor explican el contenido energético de estos.
3. La gran variabilidad en la composición nutricional y el valor energético de los productos de panadería y bollería elaborados en la provincia de Lleida, avalan la necesidad de incorporar alimentos de este grupo a las tablas de composición de alimentos. En este sentido, las bases de datos de composición de alimentos incluyen valores medios y muy genéricos, por lo que no constituyen herramientas útiles en el momento de establecer la aportación de los productos de panadería a la composición nutricional y el valor energético de una dieta.
4. La adición de aceite de oliva virgen en diferente porcentaje (de 0 al 55%) a la formulación del pan provoca cambios fisicoquímicos y reológicos en las propiedades de la masa panaria. Concentraciones elevadas de aceite de oliva disminuyen la capacidad de extensión de la masa y resultan en una menor capacidad fermentativa.
5. Aunque las propiedades elásticas de las masas panarias no se ven afectadas hasta sobrepasar la concentración del 20% de aceite de oliva en la fracción líquida de la fórmula panaria, a nivel sensorial esta concentración no es aceptada por el panel de catadores expertos de Innopan.
6. A partir del análisis físico, reológico y sensorial, los panes elaborados con un 4% y 10% de aceite de oliva virgen extra han sido considerados los mejores candidatos para establecer el nivel óptimo de aceite de oliva en masas panarias.
7. A partir de los resultados obtenidos del análisis del contenido fenólico, de la composición nutricional, del análisis sensorial y de volumen de los panes elaborados con el intervalo óptimo de aceite de oliva (4% y 10%), y de acuerdo al objetivo de vehicular el consumo de aceite de oliva mediante la ingesta de pan, la formulación con un 10% de aceite de oliva se ha establecido como óptima en masas panarias.
8. El tiempo de cocción, la temperatura de horneado y el formato del producto interfieren en la estabilidad de los compuestos fenólicos. La mínima

temperatura de horneado para conseguir una correcta cocción de las masas elaboradas con un 10% de aceite de oliva virgen extra es de 165°C, siempre y cuando el peso de las muestras no supere los 100 g (peso crudo). Por otro lado, los formatos rosca de 40 g y panecillo de 100 g (pesos crudos) son los que mejor preservan el contenido fenólico de la masa panaria.

9. La incorporación de distintas fuentes de fenoles para aumentar el contenido de fenoles totales en el producto final no implica diferencias significativas en los atributos sensoriales de olor, sabor, flavor y textura en los prototipos de pan desarrollados. Sólo da lugar a diferencias en el brillo y en el color superficial de las muestras.
10. La mejor alternativa para incrementar el contenido fenólico del pan es la formulación con aceite de oliva virgen extra D.O.P. Les Garrigues y extracto de hoja de olivo. Sin embargo, sensorialmente no ha sido la fórmula mejor aceptada. La formulación con aceite de oliva *Arbequina* enriquecido en compuestos fenólicos (500 mg fenoles totales/kg de aceite) ha presentado la mejor aceptabilidad sensorial, además de ser una de las mejores estrategias de formulación para incrementar el contenido fenólico del pan.

El desarrollo del prototipo de pan formulado con un 10% de aceite de oliva virgen de la variedad *Arbequina* enriquecido en compuestos fenólicos (500 mg fenoles totales/kg aceite), horneado a 165°C y en un formato de pieza que no supere los 100 g sienta las bases para el desarrollo de un producto de panificación con elevado interés funcional y nutricional. Los resultados de esta tesis doctoral sirven de base para establecer nuevas líneas de trabajo que persigan obtener un producto de panificación con un contenido fenólico elevado, a la vez que aceptable sensorialmente, capaz de proporcionar efectos positivos sobre la salud de los consumidores.

Como alternativa al uso de aceites de oliva enriquecidos en compuestos fenólicos, se podría plantear también el uso de aceites monovarietales, concretamente de la variedad *Verdal* (fórmula 1) que tienen un alto contenido fenólico de forma natural. La utilización de aceite de oliva de la variedad *Verdal*, considerada como variedad secundaria por su baja aceptación sensorial, consecuencia de su elevado contenido en compuestos fenólicos, permitiría la recuperación y valorización de variedades de oliva minoritarias.

Además de las diferentes alternativas de elaboración de un pan de aceite con elevado contenido en compuestos fenólicos del aceite de oliva virgen, los resultados obtenidos también pueden aplicarse al aumento de la oferta de productos de panadería, sector en el que a pesar de las directrices del mercado actual, el concepto “funcional” no sigue una tendencia muy marcada.

Como propuesta de futuro en esta línea de trabajo se plantea establecer la concentración óptima de aceite de oliva *Arbequina* enriquecido en compuestos

Conclusiones

fenólicos, o de aceite de oliva de la variedad *Verdal* (alto contenido fenólico) y establecer la mejor combinación temperatura-tiempo de horneado adaptada a esta formulación con el objetivo de preservar el contenido fenólico y obtener así un producto con potencial funcionalidad en la prevención de enfermedades cardiovasculares.

12. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 08-21.01. Prediction of Ash Content in Wheat Flour—Near-Infrared Method. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. doi: 10.1094/AACCIntMethod-08-21.01.
- Adeleke, R.O., Odedeji, J.O. 2010. Acceptability studies on bread fortified with tilapia fish flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9 (6), pp. 531-534.
- AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. 2010. Análisis sensorial. Normas UNE. 2ª edición. Madrid: Aenor ediciones. ISBN 974-84-8143-705-8.
- Agyare, K.K., Addo, K., Xiong, Y.L., Akoh, C.C. 2005. Effect of structured lipid on alveograph characteristics, baking and textural qualities of soft wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 42, pp. 309-316.
- Ackman, R.G. 2006. Losses of DHA from high temperatures of columns during GLC of methyl esters of long-chain omega-3 fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83 (12), pp. 1069-1070.
- Artajo, L.S., Romero, M.P., Motilva, M.J. 2006. Transfer of phenolic compounds during olive oil extraction in relation to ripening stage of the fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (4), pp. 518-527.
- Bajerska, J., Mildner-Szkudlarz, S., Jeszka, J., Szwengiel, A. 2010. Catechin stability, antioxidant properties and sensory profiles of rye breads fortified with green tea extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*, 49 (2), pp. 104-111.
- Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G, Romani, S. 2011. Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *Food Science and Technology*, 44, pp. 700-705.
- Bardón Iglesias, R., Belmonte Cortés, S., Fúster Lorán, F., Marino Hernando, El., Ribes Ripoll, M.Á. 2010. El sector de los productos de panadería, bollería y pastelería industrial, y de galletas en la Comunidad de Madrid. Características de calidad, actitudes y percepción del consumidor. Dirección General de Ordenación e Inspección e Instituto de Nutrición y Trastornos Alimentarios de la Comunidad de Madrid.
- Bendinelli, B., Masala, G., Saieva, C., Salvini, S., Calonico, C. Sacerdote, C., Agnoli, C., Gioni, S., Frasca, G., Mattiello, A., Chiodini, P., Tumino, R., Vineis, P., Palli, D., Panico, S. 2011. Fruit, vegetables, and olive oil and risk of coronary heart disease in Italian women: the EPICOR Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 93 (2), pp. 275–283.
- Bešter, E., Butinar, B., Bucar-Miklavcic, M., Goloba, T. 2008. Chemical changes in extra virgin olive oils from Slovenian Istra after thermal treatment. *Food Chemistry*, 108, pp. 446–454.

- Bianco, A., Buiarelli, F., Cartoni, G., Coccioli, F., Muzzalupo I., Polidori A., Uccella N. 2001. Analysis by HPLC-MS/MS of biophenolic components in olives and oils. *Analytical Letters*, 34 (6), pp. 1033-1051.
- Bravo, L., Saura-Calixto, F. 1998. Characterization of dietary fiber and the in vitro indigestible fraction of grape pomace. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49 (2), pp. 135-141.
- Brenes, M., García, A., Dobarganes, M. C., Velasco, J., Romero, C. 2002. Influence of thermal treatments simulating cooking processes on the polyphenol content in virgin olive oil. *J. Agric. Food Chemistry*, 50, pp. 5962–5967.
- Brenes, M., Garcia, A., Garcia, P., Rios, J.J., Garrido, A. 1999. Phenolic compounds in Spanish olive oils. *Journal Agricultural of Food Chemistry*, 47, pp. 3535-3540.
- Brenes, M., Hidalgo, F.J., Garcia, A., Rios, J.J., Garcia, P., Zamora, R., Garrido, A. 2000. Pinoresinol and 1-acetoxypinoresinol, two new phenolic compounds identified in olive oil. *Journal of the American Oil Chemists's Society*, 77 (7), pp. 715-720.
- Brooker, B.E. 1996. The role of fat in the stabilization of gas cells in bread dough. *Journal of Cereal Science*, 24, pp. 187-198.
- Calaveras, J. 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería. 2ª Edición. Madrid: AMV Ediciones. ISBN: 84-89922-91-8.
- Caponio, F., Giarnetti, M., Summo, C., Gomes, T. 2011. Influence of the Different Oils Used in Dough Formulation on the Lipid Fraction of *Taralli*. *Journal of Food Science*, 76 (4), pp. C549-C554.
- Caponio, F., Summo, C., Pasqualone, A., Paradiso, V.M., Gomes, T. 2009. Influence of processing and storage time on the lipidic fraction of taralli. *Journal of Food Science*, 74, pp. 701-706.
- Carrasco-Pancorbo, A., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A., Lercker, G., Fernández-Gutiérrez, A. 2007. Evaluation of the Influence of Thermal Oxidation on the Phenolic Composition and on the Antioxidant Activity of Extra-Virgin Olive Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, pp. 4771-4780.
- Carrasco-Pancorbo, A., Cruces-Blanco, C., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. 2004. Sensitive determination of phenolic acids in extra-virgin olive oil by capillary zone electrophoresis. *Journal Agricultural of Food Chemistry*, 52, pp. 6687–6693.
- Cauvain, S.P., Young, L.S. 2007. Fabricación de pan. Madrid: Editorial Acribia, S.A. ISBN 978-84-200-0983-4.

Bibliografía

- Chin, N.L., Rahman, R.A., Hashim, D.M., Kowng, S.Y. 2008. Palm oil shortening effects on baking performance of white bread. *Journal of Food Process Engineering*, 33, pp. 413-433.
- Christophoridou, S., Dais, P. 2009. Detection and quantification of phenolic compounds in olive oil by high resolution H-1 nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 633 (2), pp. 283-292.
- Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida Les Garrigues (25 de octubre de 2012). Denominació d'Origen Protegida Les Garrigues. [Consultado: septiembre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.olidoplesgarrigues.com/cat/>.
- D'Appolonia, B.L., Kunerth, W.H. 1984. *The Farinograph Handbook*. 3rd. edition, St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc.
- De Aguiar, A.C., Boroski, M., Giriboni Monteiro, A.R., De Souza, N.E., Visentainer, J.V. 2011. Enrichment of whole wheat flaxseed bread with flaxseed oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, pp. 605-609.
- De Conto, L.C., Porto Oliveira, R.S., Pereira Martin, L.G., Kill Chang, Y.; Joy Steel, C. 2012. Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread. *Food Science and Technology*, 45, pp. 103-109.
- Delcuratolo, D., Gomes, T., Paradiso, V.M., Nasti, R. 2008. Changes in the oxidative state of extra virgin olive oil used in baked italian focaccia topped with different ingredients. *Food Chemistry*, 106, pp. 206-226.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., Liu, R.H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, pp. 3010-3014.
- Elía, M. 2011. A procedure for sensory evaluation of bread: protocol developed by a trained panel. *Journal of Sensory Studies*, 26 (4), pp. 269-277.
- España (1984). Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, sobre la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas de trigo.
- España (1984). Real Decreto 1137/1984, de 28 de marzo, sobre la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio del pan y panes especiales.
- España (2006). Reglamento (CE) nº 510/2006 del Consejo, de 20 de marzo de 2006, sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios.
- España (2006). Reglamento (CE) nº 1898/2006 de la Comisión, de 14 de diciembre de 2006, que establece las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE)

- nº 510/2006 del Consejo sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios.
- España (2006). Reglamento (CE) 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.
- España (2008). Directiva 2008/100/CE de la Comisión, de 28 de octubre de 2008, por la que se modifica la Directiva 90/496/CEE del Consejo, relativa al etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios, en lo que respecta a las cantidades diarias recomendadas, los factores de conversión de la energía y las definiciones.
- España (2010). Reglamento (UE) nº 116/2010 de la Comisión, de 9 de febrero de 2010, por el que se modifica el Reglamento (CE) nº1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a lista de declaraciones nutricionales.
- Filipčev, B., Lević, L., Bodroža-Solarov, M., Mišljenovic, N., Koprivica, G. 2010. Quality characteristics and antioxidant properties of breads supplemented with sugar beet molasses-based ingredients. *International Journal of Food Properties*, 13 (5), pp. 1035-1053.
- Fitó Colomer, M. 2003. Efectos antioxidantes del aceite de oliva y de sus compuestos fenólicos. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Departamento de Medicina.
- Galli, C., Visioli, F. 1999. Antioxidant and other activities of phenolics in olives/olive oil, typical components of the Mediterranean diet. *Lipids*, 34, pp. S23-S26.
- Gimeno, E., Castellote, A.I., Lamuela-Raventos, R., De la Torre-Boronat, M.C., Lopez-Sabater, M.C. 2002. The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics, α -Tocopherol and β -carotene) in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 78 (2), pp. 207-211.
- Gimeno, M.T. (2009, 15 de diciembre). Estudio y caracterización nutricional de los productos típicos de panadería de la provincia de Lleida. Presentación oral. Innopan, Lleida.
- Gimeno, M. T., Elía, M. (2010, 6-8 septiembre). Development of a new olive oil bread guided by an expert panel. 4th European Sensory Analyses and Consumer. A Sense of Quality. Presentación en poster. Palacio de Congresos de Vitoria-Gasteiz.
- Gimeno, M.T., Elía. M. (2011, 19 octubre). Pan con aceite de oliva de alto valor tecnológico y funcional. Taller debate "La cadena de valor alimentaria del pan". Presentación oral. Fundación Foro Agrario. Madrid.

Bibliografía

- Gimeno, M.T., Elía, M., Motilva, M.J. 2010. Interés de la caracterización nutricional de productos de panadería. *Alimentaria. Investigación, tecnología y seguridad*, 413, pp. 55-58.
- Gimeno, M.T., Sanmartín, A., Elía, M., García-Agulló, A. 2011. Valoración tecnológica de masas panarias con aceite de oliva. *Alimentaria. Investigación, tecnología y seguridad*, 240, pp. 68-72.
- Gobierno de España, Ministerio de Industria, Energía y Turismo (Octubre 2012). Espacenet, patent search: European Patent Office. [Consultado: Septiembre de 2012]. Disponible en internet: <http://worldwide.espacenet.com/>
- Gómez, M., Oliete, B., Caballero, P.A., Ronda, F., Blanco, C.A. 2008. Effect of nut paste enrichment on wheat dough Rheology and bread volume. *Food Science and Technology International*, 14 (1), pp. 57-65.
- Gorinstein, S., Drzewiecki, J., Leontowicz, M., Leontowicz, M., Najman, K., Jastrzebski, Z., Zachwieja, Z., Barton, H., Shtabsky, B., Katrich, E., Trakhtenberg, S. 2005. Comparison of the bioactive compounds and antioxidant potentials of fresh and cooked Polish, Ukrainian, and Israeli garlic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (7), pp. 2726-2732.
- Gujral, H.S., Singh, N. 1999. Effect of additives on dough development, gaseous release and bread making properties. *Food Research International*, 32, pp. 691-697.
- Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58, pp. 966-968.
- Han, H-M., Koh, B-K. 2011. Antioxidant activity of hard wheat flour, dough and bread prepared using various processes with the addition of different phenolic acids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, pp. 604-608.
- Harborne, J.B y editores. 1989. *Methods in Plant Biochemistry*, vol. 1. Plant Phenolics, pp. 552.
- Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N., Bovell-Benjamin, A.C. 2008. Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers, *LWT - Food Science and Technology*, 41 (5), pp.803-815.
- Hernández, G., Majem, S. 2010. *Libro Blanco del Pan*. Editorial Médica Panamericana, Madrid.
- Holtekjølen, A.K., Bævre, A.B., Rødbotten, M., Berg, H., Knuten, S.H. (2008). Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour. *Food Chemistry*, 110, pp. 414-421.
- Hooper, L., Kroon, P.A., Rimm, E.B., Cohn, J.S., Harvey, I., Le Cornu, K.A., Ryder, J.J., Hall, W.L., Cassidy, A. 2008. Flavonoids, flavonoid-rich foods, and

- cardiovascular risk: a meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition* 88, pp. 38-50.
- Hu, F.B. 2003. The Mediterranean diet and mortality—olive oil and beyond. *New England Journal of Medicine*, 348, pp. 2595–2596.
- Huang, W., Kim, Y., Li, X., Rayas-Duarte, P. 2008. Rheofermentometer parameters and bread specific volumen of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperatura. *Journal of Cereal Science*, 48, pp. 639-646.
- Hsu, C.-L., Hurang, S.-L., Chen, W., Weng, Y.-M., Tseng, C.-Y. 2004. Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation. *International Journal of Food Science and Technology*, 39 (2), pp. 231-238.
- ICC International Association for Cereal Science and Technology, Edition 1994. ICC-Standard Method No. 155. Determination of Wet Gluten Quantity and Quality (Gluten Index ac. to Perten) of Whole Wheat Meal and Wheat Flour (*Triticum aestivum*).
- ICC International Association for Cereal Science and Technology, 3rd Supplement, Edition 1992. ICC- Standard Method No. 114/1. Method for using the Brabender Extensograph.
- ICC International Association for Cereal Science and Technology, 3rd Supplement, Edition 1992. ICC- Standard Method No. 115/1. Method for using the Brabender Farinograph.
- ICC International Association for Cereal Science and Technology, 5th Supplement, Edition 1995. ICC- Standard Method No. 107/1. Determination of the “Falling Number” according to Hagberg – as a Measure of the Degree of Alpha-Amylase Activity in Grain and Flour.
- Jeong, Y.J., Woo, S.M. 2006. Effect of germinated brown rice concentrate on free amino acid levels and antioxidant and nitrite scavenging activity in Kimchi. *Food Science and Biotechnology*, 15, pp. 351-356.
- Jing, H, Kitts, D.D. 2000. Comparison of the antioxidative and cytotoxic properties of glucose -lysine and fructose- lysine Maillard reaction products. *Food Research International*, 33, pp. 509-516.
- Kang, M.H., Naito, M., Sakai, K., Uchida, K., Osawa, T. 2000. Mode of action of sesame lignans in protecting low-density lipoprotein against oxidative damage in vitro. *Life Sciences*, 66, pp. 161-171.
- Kim, E.M., Steel, C.J., Chang, Y.K. 2005. A influência do processamento sobre a retenção de ácidos graxos omega-3 adicionados ao pão de forma. *Brazilian Journal of Food Technology*, 8 (4), pp. 268-276.

Bibliografía

- Lim, H.S., Park, S.H., Ghafoor, K., Hwang, S.Y., Park, J. 2011. Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chemistry*, 124 (4), pp. 1577-1582.
- Lin, C.H., Chang, C.Y. 2005. Textural change and antioxidant properties of broccoli under different cooking treatments. *Food Chemistry*, 90, pp. 9-15.
- Liu, Y., Meng, Z., Shan, L., Jin, Q., Wang, X. 2010. Preparation of specialty fats from beef tallow and canola oil by chemical interesterification: physico-chemical properties and bread applications of the products. *European Food Research and Technology*, 230, pp. 457-466.
- López-Miranda, J., Pérez-Jiménez, F., Ros, E., De Caterina, R., Badimón, L., Covas, M.I., Escrich, E., Ordovás, J.M., Soriguer, F., Abiá, R., Alarcón de la Lastra, C., Battino, M., Corella, M., Chamorro-Quirós, J., Delgado-Lista, J., Giugliano, D., Esposito, K., Estruch, R., Fernandez-Real, J.M., Gaforio, J.J., La Vecchia, C., Lairon, D., López-Segura, F., Mata, P., Menéndez, J.A., Muriana, F.J., Osada, J., Panagiotakos, D.B., Paniagua, J.A., Pérez-Martínez, P., Perona, J., Peinado, M.A., Pineda-Priego, M., Poulsen, H.E., Quiles, J.L., Ramírez-Tortosa, M.C., Ruano, J., Serra-Majem, L., Solá, R., Solanas, M., Solfrizzi, V., de la Torre-Fornell, R., Trichopoulou, A., Uceda, M., Villalba-Montoro, J.M., Villar-Ortiz, J.R., Visioli, F., Yiannakouris, N. 2008. Olive oil and health: summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaen and Cordoba (Spain). *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 20, pp. 284-294.
- Mallard, S.R., Gray, A.R., Houghton, L.A. 2012. Periconceptional bread intakes indicate New Zealand's proposed mandatory folic acid fortification program may be outdated: results from a postpartum survey. *BioMed Central Pregnancy and Childbirth*, 12, art. nº 8.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79 (5), pp. 727-747.
- Martín Cerdeño, Víctor J. 2011. Consumo de pan en España. Distribución y consumo: 99. Enero - febrero 2011.
- Montedoro, G., Servili, M., Baldioli, M., Miniati, E. 1992. Simple and hydrolyzable phenolic compounds in virgin olive oil. 1. Their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40 (9), pp. 1571-1576.
- Nissiotis, M., Tasioula-Margari, M. 2002. Changes in antioxidant concentration of virgin olive oil during thermal oxidation. *Food Chemistry*, 77, pp. 371-376.
- Nor Aini, I., Che Maimon, C.H. 1996. Characteristics of white pan bread as affected by tempering of fat ingredient. *Cereal Chemistry*, 73, pp. 462-465.

- Norma UNE-EN ISO (1993). Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica. (ISO 27888:1993).
- Norma UNE-EN ISO (1995). Calidad del agua. Determinación de bromuro, cloruro, nitrato, nitrito, ortofosfato y sulfato en aguas residuales. (ISO 10304-2:1995).
- Norma UNE-EN ISO (1996). Calidad del agua. Determinación de la alcalinidad. Parte 2: Determinación de la alcalinidad del carbonato. (ISO 9963-2:1994).
- Norma UNE-EN ISO (2000). Calidad del agua. Determinación de los iones litio, sodio, amonio, potasio, manganeso, calcio, magnesio, estroncio y bario disueltos por cromatografía iónica. Método aplicable al agua y agua residual. (ISO 14911:1998).
- Norma UNE-EN ISO (2001). Calidad del agua. Determinación de la turbiedad. (ISO 7027:2001).
- Norma UNE-EN ISO (2002). Calidad del agua. Determinación de la dureza del agua. Método complexométrico con AEDT. (ISO 77040:2002).
- Owen, R.W., Giacosa, A., Hull, W.E., Haubner, R., Spiegelhalter, B., Bartsch, H. 2000. The antioxidant/anticancer potencial of phenolic compounds isolated from olive oil. *European Journal of Cancer*, 36, pp. 1235-1247.
- Owen, R.W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W.E., Spiegelhalter, B., Bartsch, H. 2000. Identification of lignans as major components in the phenolic fraction of olive oil. *Clinical Chemistry*, 46 (7), pp. 976-988.
- Owen, R.W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W.E., Spiegelhalter, B., Bartsch, H. 2000. Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food and Chemical Toxicology*, 38, pp. 647-659.
- Panreac Química, S.A. Analíticos en alimentaria: Métodos oficiales de análisis. Cereales, derivados de cereales y cerveza. Folleto, 88 pp.
- Pelucchi, C., Bosetti, C., Negri, E., Lipworth, L., La Vecchia, C. 2011. Olive oil and cancer risk: an update of epidemiological findings through. *Current Pharmaceutical Design*, 17, pp. 805–812.
- Ragae, S., Abdel-Aal, E.S.M. 2006. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their products. *Food Chemistry*, 95, pp. 9-18.
- Ragae, S., Guzar, I., Dhull, N., Seetharaman, K. 2011. Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *Food Science and Technology*, 44 (10), pp. 2147-2153.
- Riboli, E., Norat, T. 2003. Epidemiologic evidence of the protective effect of fruit and vegetables on cancer risk. *American Journal of Clinical Nutrition* 78, pp. 559S-569S.

Bibliografía

- Romero Aroca, A.J. 2011. Caracterización y diferenciación de los aceites vírgenes de oliva de la comarca del Priorat (Tarragona), dentro del mercado global de aceites de la variedad "Arbequina". Tesis Doctoral, Universitat de Lleida e IRTA, Departamento de tecnología de los alimentos y Departamento de olivicultura, elaiotecnia y fruta seca.
- Royo-Bordonada, M.A., Gorgojo, L., De Oya, M., Garcés, C., Rodríguez-Artalejo, F., Rubio, R., Del Barrio, J.L., Martín-Moreno, J.M. 2003. Food sources of nutrients in the diet of Spanish children: The Four Provinces Study. *British Journal of Nutrition* 89 (1), pp. 105-114.
- Ruiz-Canela, M., Martínez-González, M.A. 2011. Olive oil in the primary prevention of cardiovascular disease. *Maturitas*, 68, pp. 245–250.
- Serra-Majem, L., Ngo de la Cruz, J., Ribas, L., Tur, J.A. 2003. Olive oil and the Mediterranean diet: beyond the rhetoric. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57, (suppl1), pp. S2–7.
- Shurtleff, W., Aoyagi, A. 2004. *History of Soy Oil Shortening*. Soyfoods Center, Lafayette, CA.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. Jr. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic and reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, pp. 144-158.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., Lugasi, A. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance- a review. *Appetite*, 51 (3), 456-467.
- Škrbić, B., Filipčev, B. 2008. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chemistry*, 108, pp. 119-129.
- Smith, P.R., Johansson, J. 2004. Influences of the proportion of solid fat in a shortening on loaf volume and staling of bread. *J. Food Process Pres.*, 28, pp. 359-367.
- Soler Cantero, A. 2009. Estudio de la capacidad antioxidante y la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos del aceite de oliva. Primeras etapas en el desarrollo de un aceite de oliva funcional. Tesis Doctoral, Universitat de Lleida, Departamento de tecnología de los alimentos.
- Soto-Vaca, A., Gutiérrez, A., Losso, J.N., Xu, Z., Finley, J.W. 2012. Evolution of Phenolic Compounds from Color and Flavor Problems to Health Benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, pp. 6658-6677.
- Steppanen-Laakso, T., Vanhanen, H., Laakso, I., Kohtamaki, H., Viikari, J. 1993. Replacement of margarine on bread by rapeseed and olive oils: Effects on

- plasma fatty acid composition and serum cholesterol. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 37 (4), pp. 161-174.
- Stevenson, D., Hurst, R. 2007. Polyphenolic phytochemicals - just antioxidants or much more? *Cellular and Molecular Life Science* 64, pp. 2900-2916.
- Suárez, M., Romero, M. P., Ramo, T., Macià, A., Motilva, M. J. 2009. Methods for preparing phenolic extracts from olive cake for potential application as food antioxidants. *Journal Agricultural of Food Chemistry*, 57, pp. 1463-1472.
- Tamstorf, S., Jonnson, T., Krog, N. 1988. The role of fats and emulsifiers in baked products. *Chemistry and Physics of Baking* (J.M.V. Blanshard, P.J. Fraizer, T. Galliard, editores), pp. 75-88, The Royal Society of Chemistry, London.
- Trichopoulou, A., Dilis, V. 2007. Olive oil and longevity. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51, pp. 1275-1278.
- Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, S. 2005. The effect of cooking methods in total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93, pp. 713-718.
- Visioli, F., Bellomo, G., Montedoro, G., Galli, C. 1995. Low density lipoprotein oxidation is inhibited in vitro by olive oil constituents. *Atherosclerosis*, 117, pp. 25-32.
- Visioli, F., Galli, C. 1998. The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease: new findings. *Nutrition Reviews*, 56, pp. 142-147.
- Visioli, F., Galli, C. 1999. Free radical-scavenging actions of olive oil phenolics. *Lipids*, 34, S315.
- Wheldale, M. 1916. *The anthocyanin pigments of plants*. London, pp. 124-125.
- Williams, T., Pullen, G. 2007. Functional ingredients. In *Technology of Breadmaking* (S.P. Cauvain, L.S. Young, editores), pp. 51-89. Springer Science and Business Media, LLC, New York, NY.
- Yousif, A., Nhepera, D., Johnson, S. 2012. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. *Food Chemistry*, 134 (2), pp. 880-887.
- Yun, J.M., Lee, H.L., Hwang, J.K. 2004. Activation of ferulic acid in rice bran by extrusión and polysaccharidase treatment. *Food Science and Biotechnology*, 13, pp. 523-524.
- Zghal, M.C., Scanlon, M.G., Sapirstein, H.D. 2002. Cellular structure of bread crumb and its influence on mechanical properties. *Journal of Cereal Chemistry*, 36, pp. 167-176.

ANEJO

Poster presentado en el 4th European Sensory Analyses and Consumer, en el Palacio de Congresos de Vitoria-Gasteiz. (Gimeno, M. T., Elía, M., 2010.)



DEVELOPMENT OF A NEW OLIVE OIL BREAD GUIDED BY AN EXPERT PANEL TRAINED IN BAKERY PRODUCTS

Gimeno, MT & Elía, M.

INNOPAN, Centro de Difusión Tecnológica del Sector Panadero. Parc de Gardeny, Edificio H3, Pl. 1ª, 25003 Lloida, España

INTRODUCTION

INNOPAN is the Spanish Center of Baking Technology specializing in technologies of bread (www.innopan.com) located in Lleida (Spain). During the last three years Innopan has worked in the formation of an expert panel with specific training in sensory analysis for bakery products. A methodology for sensory evaluation of bread and a set of attributes have been established for the complete description of this group of products with the intention of achieving a consensus methodology of sensory analysis in bread (1). In the development of a new oil bread the expert panel has been the main tool for leading the process.

MATERIAL & METHODS

→ Dough preparation: Different additions of olive oil and water were added to a base formula on 500g commercial wheat flour, 9 g commercial salt and 10 g dry yeast. The trials consisted of 0, 20, 25, 50, 55 and 70% olive oil P.D.O. Les Garrigues.

→ Sensory evaluation: The expert panel has been formed by 9 judges. During three sensory sessions they have evaluated the olive oil breads developed in the pilot plant of Innopan. Different parameters have been evaluated: taste and flavor, texture, smell and visual appearance. A complete descriptive analysis was conducted.



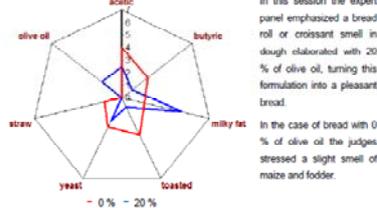
Samples in cups for sensory evaluation

→ Statistical analyses: The results were analyzed with the software FIZZ Calculations 2.40 B (Fizz by Biosistemas).

RESULTS & DISCUSSION

The results of each sensorial session have been used as an essential information for developing the next formulation in pilot plant. In the sensory evaluation the most enhanced parameter has been smell of crumb.

In the first session made in pilot plant the breads have been elaborated with a percentage of olive oil of 0, 20 and 70%. Samples with a 70% of olive oil were not feasible technically. The breads with 0 and 20% of olive oil have been evaluated for the expert panel. The most emphasized aspects have been the intensity of milky fat of bread with a 20% of olive oil and in comparison with bread formulated with 0% have been observed a lower intensity of acetic and butyric acids, toasted smell, yeast and straw.



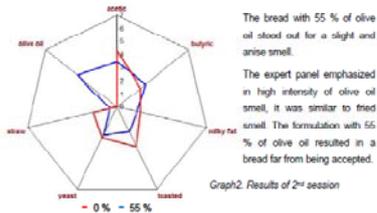
Graph 1. Results of 1st session

Acknowledgements

We appreciate the collaboration entirely disinterested of members of the tasting panel; without them this project would not have been possible. Also thank the collaboration of Harinera La Meta and P.D.O. Les Garrigues which has supplied the wheat flour and olive oil for carry out the project. This project has been financed by AOC10 (the Catalan Agency for Competitiveness that specializes in innovation, internationalization and attracting inward investment).

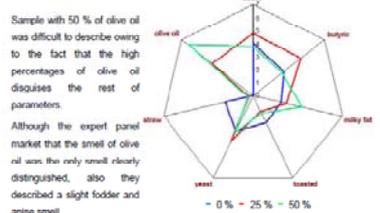


In the second trial the expert panel evaluated a bread with 55% of olive oil and they compared this to bread formulated with 0%. The results show that the smell intensity is higher with respect to smell of butyric acid and olive oil. The rest of parameters were higher in bread with 0%.



Graph2. Results of 2nd session

Due to the results from 2nd session, in the last session have been elaborated dough with 0, 25 and 50% olive oil with the aim of discarding high percentages of olive oil. The breads with 0 and 25% have followed a similar smell profile, excepting for toasted smell, straw and olive oil.



Graph 3. Results of 3rd session

CONCLUSION

The sensory analysis constitutes one tool of vital importance for the developing of new products. The combination of sensory analysis with activities carried out in bakery pilot plant facilitates the developing of a new product, ensuring the success in terms of number probable choices, and reducing therefore the temporal, human and economic resources. Moreover sensory analysis leads research activities to fit with actual quality expectations of consumers (2).



References

1. Guàrdia, M. D.; Guerrero, L.; Claret, A.; Elía, M.; Amau, J. (2009). Estandarización del análisis sensorial en el pan. *Alimentaria*, 40(3): 52-59.
2. Lambert, J.L.; Ball, A. In; Zuriga, R.; Haesendonck, I. van; Vhezveren, E. Petit, G.; Rosell, M.C.; Collar, C.; Curic, D.; Colic-Babic, I.; Sikora, M.; Ziobro, R. (2008). The attitudes of European consumers toward innovation in bread: interest of the consumers towards selected quality attributes. *Journal of Sensory Studies*, 24: 204-219.

