



ESTRATEGIAS INNOVADORAS PARA DESARROLLAR ALIMENTOS MÁS SALUDABLES

FOODSME-HOP TECHNOLOGY BOOK

EDITORAS

Dra. Elena Fulladosa y Dra. Maria Dolors Guàrdia
IRTA - Tecnología Alimentaria



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del Programa de Cooperación Interregional del Espacio Suroeste Europeo (Interreg SUDOE IVB), por la financiación del proyecto FOODSME-HOP (SOE/P1/E299), del cual deriva el presente libro.

Se agradece al conjunto de socios del proyecto FOODSME-HOP que hayan hecho posible la publicación de este documento así como a las empresas por su colaboración en los proyectos de demostración.

Un agradecimiento especial para Catalina Pérez y Sofía Gkika por su ayuda en la edición del libro.

ESTRATEGIAS INNOVADORAS PARA DESARROLLAR ALIMENTOS MÁS SALUDABLES

© 2013 de la edición original:

Capítulo 1: IPVC

Capítulo 2: ITERG

Capítulo 3: IRTA y AINIA

© 2013 de la traducción al español:

Capítulo 1 / Capítulo 2

ADI, AINIA, IPVC, IRTA, ITERG, FUNDECYT-PCTEX, Agencia Andaluza del Conocimiento

Editado por IRTA:

Finca Camps i Armet, Edificio A

E-17121 Monells (Girona)

ESPAÑA

Tel: +34 902 789 449 - Fax: +34 972 630 980

Coordinación editorial:

blueBOARD

Còrsega 453, 1º 3ª

08037 Barcelona

+34 934 575 832

Corrección ortotipográfica y de estilo:

LACÒNIC SANS SCP

Maquetación:

Concepte Gràfic

ISBN 13: 978-84-940022-3-6.

Depósito legal: B.8974-2013

Impreso en España por:

MEDIAactive

INTRODUCCIÓN

La población es cada vez más consciente de que una buena alimentación combinada con ejercicio físico regular ayuda a prevenir enfermedades y a mejorar tanto el bienestar físico como el mental [1,2]. Una dieta equilibrada, cuyo modelo más reconocido es el de la «dieta mediterránea», permite el correcto funcionamiento fisiológico del organismo y ayuda a prevenir y a disminuir el riesgo de padecer ciertas enfermedades. Sin embargo, una ingesta excesiva de alimentos muy energéticos, ricos en grasas saturadas y pobres en hidratos de carbono y fibra, así como alimentos con un elevado contenido en sodio, pueden aumentar la incidencia de determinadas enfermedades, principalmente las cardiovasculares.

La combinación de unos hábitos de consumo alimentario poco saludables con un estilo de vida sedentario ha contribuido al incremento de la prevalencia de ciertas enfermedades crónicas y trastornos relacionados con la alimentación (enfermedades cardiovasculares, hipertensión, obesidad, diabetes, osteoporosis, enfermedades dentales y algunos tipos de tumores, entre otros) [3-6]. Normalmente, no existe una relación directa de causa-efecto entre estas enfermedades y la alimentación, pero sí supone uno de los factores que contribuye a aumentar el riesgo de aparición y desarrollo de dichas enfermedades. Se estima que el 80 % de los casos de enfermedades cardiovasculares, el 90 % de los casos de diabetes tipo 2 y un 33 % de los tumores se podrían evitar, teóricamente, si la población siguiera unas buenas pautas en lo relativo a la alimentación, a la ingesta de alcohol, a la realización de actividad física y al tabaquismo [7].

Frente a estas evidencias, la Organización Mundial de la Salud (OMS) [7,8], conjuntamente con la Comisión Europea [9] y los gobiernos de los Estados miembros de la Unión Europea, ya han señalado la nutrición y la promoción de unos buenos hábitos alimentarios como factores determinantes para la prevención de estas enfermedades.

PROMOCIÓN DE UNA ALIMENTACIÓN SALUDABLE

En 2003, la OMS estableció los rangos orientativos de ingesta de los principales nutrientes y de ciertos grupos de alimentos para asegurar el mantenimiento de un estado nutricional adecuado [7]. En 2007, la Comisión Europea aprobó el lanzamiento de un plan de acción para la implementación de una política en alimentación y nutrición [10]. Este plan de acción considera diversas líneas de trabajo y recomendaciones nutricionales, entre las que se encuentra la reducción del contenido de sal en los alimentos, así como la reducción en la ingesta diaria de ácidos grasos saturados y azúcares. Más recientemente, en el año 2010, la Comisión Europea mantuvo el apoyo a las líneas de trabajo establecidas, constatando la importancia y el creciente interés en estos temas [11].

Algunos países europeos ya han empezado a aplicar estos planes en campañas específicas para promover la nutrición, los hábitos saludables y la prevención de la obesidad. Estos planes integran a diferentes sectores de la sociedad, entre los que se destacan las administraciones públicas, expertos en el tema, empresas del sector privado, consumidores y representantes de la población en general. De este modo, los ámbitos y los campos de actuación e influencia de las estrategias específicas son múltiples: la familia, el entorno escolar, el mundo empresarial y el sistema sanitario. Entre las iniciativas gubernamentales se puede citar que en Francia, el Ministerio de Asuntos Sociales y de la Salud, a través del Consejo Superior de Salud Pública (HCSP), lanzó en el año 2001 el Programa Nacional de Nutrición y Salud (PNNS) [12]. Análogamente, en España, en el año 2005, el Ministerio de Sanidad y Consumo, a través de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), puso en marcha la Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad (Estrategia NAOS) [13] y en enero de 2012, el Ministerio de Salud de Portugal, a través de la Dirección General de Salud (DGS), lanzó el Programa Nacional para la Promoción de la Alimentación Saludable [14] y también creó la Plataforma Contra la Obesidad.

Para llevar a cabo estos planes y estrategias se necesita de la participación activa de las empresas agroalimentarias, las cuales tienen un papel fundamental: modificar la formulación de los productos alimentarios para poner a disposición del consumidor productos más saludables. Para ello, desde las entidades públicas se subvencionan proyectos como el FOODSME-HOP que puedan ayudar a las empresas a desarrollar estos nuevos productos optimizados desde el punto de vista nutricional.

FOODSME-HOP: PROMOCIÓN DE LA INNOVACIÓN EN PRODUCTOS SALUDABLES ENTRE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

El 96 % de las empresas en Europa son pequeñas y medianas (pymes), siendo el perfil más común el de pequeña o micro empresa. Estas empresas encuentran muchas barreras para ejecutar/developar proyectos de innovación e investigación, lo que dificulta su necesaria adaptación a los constantes cambios del mercado para ser más competitivas. El Libro Blanco de la Comisión Europea sobre crecimiento, competitividad y empleo, llamado Plan Delors, que trazaba una estrategia para el desarrollo de Europa hacia el fin del siglo XX, ya reconocía la importancia de las pymes para el crecimiento europeo [15]. Muchas de estas pymes poseen un gran potencial de innovación del producto, aunque la mayoría carece de un departamento de I+D+i (o éste es de muy reciente creación), de suficientes recursos humanos y económicos, a lo que se une un gran desconocimiento de los procesos y posibilidades existentes para llevar a cabo este tipo de proyectos.

El proyecto de cooperación interregional FOODSME-HOP se propuso para dar respuesta a la necesidad de promover el desarrollo de productos más saludables y apoyar la innovación para las pymes europeas. El principal objetivo de este proyecto, cuyas acciones se iniciaron a principios de 2010, era ofrecer oportunidades a las pymes de la región del Sudoeste Europeo (espacio SUDOE) para que adoptaran tecnologías y procesos innovadores, enfocados al lanzamiento de alimentos saludables al mercado. Con ello se pretendía potenciar a las pymes aumentando su competitividad y satisfacer la demanda de los consumidores y autoridades sanitarias en cuanto a alimentos más saludables que ayudaran a prevenir ciertas enfermedades crónicas y trastornos relacionados con la alimentación.

Este proyecto, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (fondo FEDER) a través del programa Interreg IVB SUDOE de la Unión Europea, reúne tanto a pymes proactivas en innovación como a un consorcio de centros tecnológicos de las seis regiones SUDOE (Andalucía, Cataluña, Comunidad Valenciana y Extremadura en España, Aquitania en Francia y norte y centro de Portugal). Estos centros tecnológicos están dedicados a promover la innovación y la I+D entre las pymes de cada región.

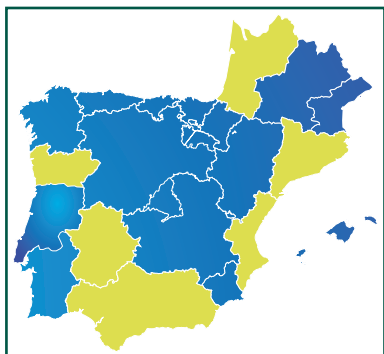


Fig. 1. Regiones SUDOE participantes en el proyecto FOODSME-HOP

Las temáticas en torno a las cuales se ha desarrollado el proyecto han sido la disminución del contenido de sal y de azúcar y las alternativas a la adición de aditivos y grasas insaturadas en los alimentos. Durante el proyecto se han llevado a cabo acciones encaminadas a ofrecer apoyo a las empresas en la gestión de la innovación. Además, se han realizado demostraciones técnicas de desarrollo de productos más saludables en cuatro empresas. Durante el año 2012, se han realizado cinco seminarios técnicos y de innovación en las distintas regiones, para mejorar la transferencia tecnológica y conocimiento desde los centros de I+D a las empresas y promover así el desarrollo de este tipo de productos.

Las demostraciones técnicas son pruebas piloto realizadas en empresas en las que se desarrolló un nuevo producto. Concretamente, se han realizado las siguientes demostraciones técnicas:

- Enriquecimiento en omega-3 de un queso de cabra, realizado por el Institut des Corps Gras (ITERG) de Pessac (Aquitania, Francia) en la empresa Fromagerie La Lemance.
- Reducción del contenido de sal en jamón curado, a cargo del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de Monells (Cataluña, España) en la empresa Pernils Llémena.
- Reducción del contenido de sal en aceituna de mesa, desarrollado por AINIA Centro tecnológico de Valencia (Comunidad Valenciana, España) en la empresa Olives Edeta.

d) Sustitución de conservantes sintéticos en productos cárnicos curados por la adición de bacterias acidolácticas, a cargo del Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), al norte de Portugal, en la empresa Minhofumeiro Enchidos Artesanais.

Este libro se estructura en tres capítulos según las temáticas del proyecto, ofreciendo una revisión en cada una de ellas donde se describen estrategias y/o alternativas para la reducción, sustitución o adición de grasas, aditivos y sal en alimentos. Se describen, además, los proyectos de demostración mencionados anteriormente. Sirvan el desarrollo y los resultados de las demostraciones técnicas expuestas en el presente libro como muestra de la potencialidad de las tecnologías/procesos descritos para promover la innovación en la elaboración de alimentos más saludables, y la I+D en el tejido empresarial de la región del Sudoeste Europeo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Menrad K. Market and marketing of functional food in Europe. *J Food Eng* 2003;56:181-8.
2. European Commission. Eurobarometer on Health and Food. Special Eurobarometer 246/wave 64.3-TNS opinion and social. 2006.
3. Cordain L, Eaton SB, Sebastian A, Mann A, Lindeberg S, Watkins BA, et al. Origins and evolution of the western diet: health implications for the 21st century. *Am J Clin Nutr* 2005;81:341-54.
4. Popkin BM, Duffey K, Gordon-Larsen P. Environmental influences on food choice, physical activity and energy balance. *Physiol Behav* 2006;86(5):603-13.
5. Popkin BM. Using research on the obesity pandemic as a guide to a unified vision of nutrition. *Public Health Nutr* 2006;8(6A):724-9.
6. Popkin BM, Gordon-Larsen P. The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants. *Internat J Obes* 2004;28:S2-S9.
7. World Health Organization (WHO). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Ginebra: 2003.
8. World Health Organization (WHO). Food and health in Europe: a new basis for action. WHO Regional Publications European Series, 96. 2004.
9. European Commission. White Paper on A Strategy for Europe on Nutrition, Overweight and Obesity related health issues. Bruselas: 2007.
10. World Health Organization (WHO) Europe. European Action Plan for Food and Nutrition Policy (2007–2012). Dinamarca: 2008.
11. World Health Organization (WHO). Global status report on noncommunicable diseases. Italia: 2010.
12. Ministère de l'Emploi et de la Solidarité. Programme national Nutrition-Santé – PNNS (2001-2005) [Internet]. 2001 [citado 17 septiembre 2012]. Disponible en: <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/1n1.pdf>
13. Ministerio de Sanidad y Consumo. Estrategia NAOS. Invertir la tendencia de la obesidad. Estrategia para la nutrición, actividad física y prevención de la obesidad. Madrid: Agencia española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN); 2005.
14. Ministério da Saúde. Programa Nacional para a promoção Saudável. Orientações Programáticas. [Internet]. [citado 24 septiembre 2012]. Disponible en: <http://www.alimentacaosaudavel.dgs.pt15>.
15. European Commission. Growth, Competitiveness and Employment. Libro Blanco. Boletín, Suplemento 6/93. Luxemburgo: 1993.

Índice general

CAPÍTULO 1

BIOCONSERVACIÓN DE ALIMENTOS TRADICIONALES POR ADICIÓN DE BACTERIAS ACIDOLÁCTICAS Y DE SUS BACTERIOCINAS 8

CAPÍTULO 2

INNOVACIONES Y UTILIZACIÓN DE MATERIAS GRASAS EN LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS.....24

CAPÍTULO 3

REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN ALIMENTOS40

CAPÍTULO 1

BIOCONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS TRADICIONALES POR ADICIÓN DE BACTERIAS ACIDOLÁCTICAS Y DE SUS BACTERIOCINAS

Jácome SL¹, Todorov SD², Fonseca SC¹, Pinheiro R¹, Guerreiro JS¹, Monteiro V¹, Fernandes P¹, Noronha L³, Almeida G³, Gomes AM³, Pintado MM³, Silva CLM³, Morais AMMB³, Silva J³, Teixeira P³, Vaz Velho M¹

¹Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Avenida do Atlântico s/n, 4900-348 Viana do Castelo (Portugal)

²Departamento de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 14, 05508-900 São Paulo (Brasil)

³Escola Superior de Biotecnologia – Universidade Católica Portuguesa, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 4200-072 Porto (Portugal)

Índice

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Productos alimentarios tradicionales y desarrollo rural.....	10
1.2 Conservantes sintéticos en productos ahumados/curados..	10
1.3 Bioconservación de alimentos	12
1.3.1 Las bacterias acidolácticas	13
1.3.2 Metodologías y requisitos de aplicación de las bacterias acidolácticas	14
2. CASO PRÁCTICO: SUSTITUCIÓN DE ADITIVOS POR CULTIVOS DE BACTERIAS ACIDOLÁCTICAS EN UN PRODUCTO CURADO/AHUMADO TRADICIONAL.....	16
2.1 Definición del producto.....	16
2.2 Objetivos	17
2.3 Desarrollo experimental	18
2.4 Resultados.....	19
3. CONCLUSIONES	21
4. AGRADECIMIENTOS	21
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PRODUCTOS ALIMENTARIOS TRADICIONALES Y DESARROLLO RURAL

“
En una época en que
las fronteras políticas
y económicas se
han desvanecido,
los elementos
que diferencian e
identifican un alimento
ganan especial
importancia tanto para
productores como para
consumidores.”

En una época en que las fronteras políticas y económicas se han desvanecido, los elementos que diferencian e identifican un alimento ganan especial importancia tanto para productores como para consumidores. En cada país, los recursos locales, representados en este trabajo por los alimentos tradicionales, pueden tener un impacto económico considerable, aunque para ello es necesario crear unos esquemas de producción y organización específicos que permiten obtener márgenes de beneficio superiores [1].

La definición de producto tradicional no es fácil ni clara, siendo objeto de varias interpretaciones de acuerdo con los diferentes autores [2]. Según algunos autores, los productos tradicionales son productos únicos que resultan de las materias primas y de los conocimientos aplicados, de los usos, de las prácticas de producción, de distribución, de consumo y de las denominaciones de producto local, tradicional, artesanal o regional [2]. En sentido amplio, también se conocen como productos tradicionales aquellos productos que se identifican por su origen geográfico, por el proceso de producción o por las características intrínsecas que los vinculan a una costumbre, modo de hacer o época y que los diferencian de otros productos [3].

Por otro lado, la creciente tendencia hacia el consumo de alimentos saludables y hacia la preferencia de productos con características y orígenes específicos permite una gran revalorización de los productos tradicionales en nichos de consumo urbano. De esta forma, es fundamental que países del Sudoeste europeo que presentan un patrimonio importante de productos agrícolas y agroalimentarios apuesten por la diferenciación de los mismos, por el aumento de su valor, por la preservación de los hábitos y modos de producción originales con la intención de poder transmitirlos a las generaciones futuras y, al mismo tiempo, de obtener aumentos de productividad considerables [4].

Los productos cárnicos ahumados y curados, principalmente los derivados de cerdo, tienen un gran impacto en la economía del Sudoeste europeo. Por lo tanto, es importante que se desarrollen nuevos conceptos y tecnologías que permitan aumentar el valor comercial de estos productos y, a su vez, dinamizar el sector sin descuidar sus procesos típicos de producción, su origen y sus gentes.

A excepción de algunos países en vías de desarrollo, en los cuales la cadena de refrigeración no está establecida, actualmente, ahumar o curar un alimento tiene como principal objetivo conferir al alimento unas características sensoriales diferenciadas según su modo de producción, la cultura gastronómica o el territorio donde éste se elabora. Proporcionar al producto curado/ahumado un sabor característico, que seduzca al consumidor, es hoy uno de los principales objetivos de la industria alimentaria. El efecto conservante de estas técnicas es, en algunos casos, mínimo, por lo que el uso de aditivos químicos, necesario para garantizar la seguridad biótica, puede asimismo afectar la seguridad abiótica del alimento [1].

1.2 CONSERVANTES SINTÉTICOS EN PRODUCTOS AHUMADOS/CURADOS

Los aditivos son sustancias que se añaden intencionadamente a los alimentos con un propósito tecnológico, lo que tiene como resultado que tanto el propio aditivo como sus subproductos se van a convertir en un componente de estos alimentos. Los aditivos no se consumen como alimentos ni se usan como ingredientes característicos en la alimentación, independientemente de que tengan o no valor nutritivo. La utilización de estas sustancias es muy antigua. Los egipcios ya usaban colorantes y aromatizantes, y el uso de nitrato potásico y de especias con el objetivo de conservar y mejorar la apariencia de los alimentos se remonta a la antigua Roma.

La utilización de aditivos está reglamentada a nivel europeo. Para que se pueda utilizar un aditivo en la industria alimentaria éste debe formar parte de las listas del Anexo II del Reglamento n.º 1129/2011 de la Comisión [5], que modifica el anexo II del Reglamento 1333/2008 [6]. Estas listas incluyen los aditivos alimentarios autorizados (lista positiva) así como las especificaciones/condiciones de utilización y las cantidades máximas permitidas en cada producto. La autorización para la entrada en el mercado de un nuevo aditivo se hace una vez éste se ha evaluado positivamente y se ha demostrado que es inocuo para la salud del consumidor. El Reglamento (CE) n.º 1331/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, establece un procedimiento de autorización común para los aditivos, las enzimas y los aromas alimentarios. Por lo tanto, todo aquél que desee poner en el mercado un aditivo que no se encuentre autorizado o quiera ampliar las condiciones de un aditivo autorizado deberá presentar una solicitud de conformidad con este Reglamento así como con la correspondiente guía de la EFSA.

Los aditivos alimentarios son agentes importantes para la industria alimentaria ya que contribuyen a mantener la calidad y las características sensoriales de los alimentos, contribuyendo a su seguridad/inocuidad y a un aumento significativo de su vida útil. Se considera que los aditivos alimentarios usados correctamente no ponen en riesgo la salud de los consumidores, pero un uso abusivo de estas sustancias, sea por la utilización de cantidades excesivas o por la inclusión de aditivos no declarados/reglamentados, puede poner en riesgo la seguridad del consumidor.

En el caso de los productos cárnicos curados y ahumados, la industria recurre a la utilización de nitrificantes, durante el curado, para garantizar la seguridad alimentaria del producto y conferir características sensoriales, de predominancia cultural, típicas en estos productos (su aspecto), y para la conservación por la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos, principalmente de *Clostridium botulinum*, y de la formación de su toxina. El color rojo característico de estos productos se origina por la reducción del nitrito mediante agentes reductores a óxido nítrico. El óxido nítrico reacciona con la mioglobina (Mb) de la carne y proporciona el aspecto típico de estos productos cárnicos curados [7]. El nitrito de sodio (E-250), normalmente utilizado junto con el nitrato de potasio, puede presentar ciertos riesgos para la salud del consumidor cuando no se utiliza siguiendo las condiciones de aplicación del Reglamento que así lo regula. Entre los principales riesgos se pueden citar: a) un efecto adverso relacionado con el transporte de oxígeno en sangre, ya que el nitrito es capaz de unirse a la mioglobina y formar metahemoglobina (sustancia que no puede transportar oxígeno [7]), y b) la formación de nitrosaminas, que son sustancias de naturaleza cancerígena. El riesgo se limita a productos que son sometidos a altas temperaturas durante su procesado, como el tocino curado/ahumado, o que son ricos en aminas nitrosables, como el pescado y otros productos fermentados. Las nitrosaminas pueden formarse debido a las condiciones del estómago y a las reacciones entre el NO₂⁻ y las aminas secundarias resultantes de la degradación de la carne [1].

La cantidad inicial de nitritos y/o nitratos añadida durante el proceso no es igual a la cantidad que se encuentra en el producto final puesto que son sustancias reactivas, lo que conduce a una reducción significativa de sus niveles antes del consumo. Para disminuir el riesgo de formación de nitrosaminas, además de la reducción significativa del uso nitritos y nitratos, se utilizan diversas técnicas como, por ejemplo, la adición conjunta de nitratos con agentes que bloquean los mecanismos de formación de las nitrosaminas. Entre estos agentes están el ácido ascórbico (E-300) y sus derivados, y el conjunto de tocoferoles alfa, gama y delta (E-306/E-309), especialmente eficaces en medios acuosos y grasos, respectivamente. En los EE.UU. es obligatorio añadir conjuntamente nitritos y ácido ascórbico o sus sales durante el proceso tecnológico. Con el mismo objetivo, la Unión Europea impuso la obligatoriedad de comercializar los nitritos en mezcla con cloruro de sodio, con el objetivo de evitar intoxicaciones agudas [7].

El uso del azúcar como conservante es también destacable, aunque las concentraciones de utilización en torno al 0,5 a 1,0 % no lleguen a tener esta acción, sino una influencia en



La utilización de aditivos alimentarios está regulada por legislación de ámbito europeo.



el sabor, ya que proporciona una combinación de los sabores dulce y salado que suaviza el producto [8]. Además de esta primera función del azúcar, existe una segunda de igual importancia pero que adquiere un significado especial en la producción de embutidos secos: ser fuente de energía para las bacterias responsables de la reducción de los nitratos y el posterior desarrollo de las bacterias acidolácticas responsables de la disminución del pH, lo que indirectamente afecta al proceso de conservación de los embutidos [8].

La adición de nitratos y nitritos a productos cárnicos curados y/o ahumados es una decisión basada en la relación riesgo/beneficio. Si bien puede existir un cierto riesgo de formación de nitrosaminas y de intoxicación por una excesiva ingestión, los riesgos de no controlar el crecimiento de *Clostridium botulinum* y de la formación de la toxina botulínica son muy importantes para garantizar la seguridad alimentaria del producto. Los organismos reguladores aceptan el uso de nitratos y nitritos considerándolos necesarios para garantizar la seguridad microbiológica de ciertos alimentos, pero imponiendo límites de adición y contenidos máximos de estos compuestos y la utilización conjunta de inhibidores de la formación de nitrosaminas.

En Portugal no se incluyen nitratos ni nitritos en la formulación de productos cárnicos con Denominación de Origen Protegida o Indicación Geográfica Protegida. Nuestra opinión es que debería seguir siendo así, pero para ello es fundamental el estudio de tecnologías alternativas que permitan aumentar la seguridad microbiológica, manteniendo las características sensoriales del producto y su modo de producción tradicional.

1.3 BIOCONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

En las últimas décadas ha surgido una gran demanda de productos naturales y los productos tradicionales, sin aditivos químicos, han visto incrementado su interés y atracción por parte de los consumidores. Los nuevos procesos de elaboración y la constante demanda de productos mínimamente procesados obligan al desarrollo de nuevas estrategias para prolongar la vida útil de los alimentos.

La bioconservación de alimentos, a través de la adición de sustancias naturales, se presenta como una alternativa interesante para aumentar la vida del producto, garantizar la seguridad microbiológica y reducir el uso de conservantes sin modificar las características sensoriales y nutricionales de los productos perecederos.

La bioconservación es una técnica de conservación alimentaria ampliamente utilizada en los EE.UU., donde cuenta con la aprobación de la FDA (Food and Drug Administration), pero no está reglamentada por la legislación europea [9].

Entre las ventajas de la utilización de este tipo de tecnología se pueden citar [9]:

- se presentan como una solución segura y con menos limitaciones que los conservantes químicos, ya que se producen de forma natural en la matriz de alimentos curados;
- no se conocen resistencias y el impacto medioambiental es mínimo ya que se eliminan rápidamente por la cadena alimentaria;
- poseen un espectro de acción muy definido; su actividad se ve potenciada por el pH y presentan un efecto sinérgico con otros agentes metabólicos antimicrobianos;
- su utilización es compatible con el etiquetado de producto ecológico ya que la conservación se obtiene sin conservantes químicos de síntesis.

Entre las desventajas de esta tecnología se pueden citar [9]:

- la inexistencia de una reglamentación común a nivel europeo que la tutele y la dificultad de obtener autorización para su aplicación industrial;

- la posible alteración de las propiedades sensoriales de los alimentos y los elevados costes de producción y desarrollo.

1.3.1 Las bacterias acidolácticas

A lo largo de los siglos ha sido común el uso de microorganismos y de sus productos metabólicos para la conservación de alimentos. Las bacterias acidolácticas han sido empíricamente y artesanalmente utilizadas en la fermentación de leche, carne y vegetales para obtener productos con mayor tiempo de vida útil.

Las bacterias acidolácticas incluyen un gran número de microorganismos grampositivos no esporulados, anaeróbicos, aerotolerantes y acidotolerantes. Presentan una morfología, un metabolismo y una fisiología muy semejantes entre sí. Tienen un metabolismo energético exclusivamente fermentativo, a través de la producción de ácido láctico a partir de hidratos de carbono. Incluyen cocos de los tipos *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* y bacilos de los géneros *Lactobacillus* y *Carnobacterium* [10].

Las bacterias acidolácticas son el grupo de bacterias más abundante en la naturaleza, en gran medida debido a la capacidad que poseen para crecer en una gran variedad de sustratos y en condiciones biológicas muy diversas. El grupo *Lactobacillus* es el más importante y heterogéneo (figura 1). Las bacterias lácticas no necesitan oxígeno para crecer, son tolerantes a la presencia de dióxido de carbono, nitritos, humo y concentraciones de sal relativamente elevadas y toleran valores de pH bajos.

Las bacterias acidolácticas forman parte de la flora microbiana típica de los productos curados/ahumados, ya sea por su presencia natural o por su aportación como *starter*. Estas bacterias compiten con otros microorganismos por nutrientes y hábitats y su poder conservante se consigue en gran medida por el efecto antagonista que presentan al generar sustancias antimicrobianas.

Además del papel tecnológico que se les reconoce, las bacterias acidolácticas son también responsables de conferir a los productos fermentados unas características sensoriales y nutricionales apreciadas por el consumidor (color, sabor, textura, digestibilidad y calidad nutricional) en estos productos [11-14].

Las bacterias acidolácticas son uno de los principales responsables del flavor «pungente» de los embutidos y de las pequeñas cantidades de los ácidos acético y propiónico, etanol, acetona, dióxido de carbono y ácido pirúvico que se producen durante la fermentación. La cantidad y los tipos de compuestos formados dependen del *starter* o cultivo iniciador aplicado, de los hidratos de carbono del sustrato, de las fuentes proteicas de la matriz del alimento y de los aditivos utilizados [15].

La disminución del pH resulta de la formación del ácido láctico, lo que por sí solo puede ser suficiente para antagonizar muchos microorganismos, incluyendo *Listeria monocytogenes*. Los ácidos acético y propiónico actúan de manera semejante al ácido láctico. Estos ácidos orgánicos desempeñan un papel importante en algunos alimentos fermentados, y se sabe que el ácido acético tiene un efecto antimicrobiano adicional.

Las bacterias lácticas, como se ha indicado anteriormente, son responsables de conferir a los productos fermentados una serie de características químicas, nutricionales y sensoriales únicas. Las bacterias lácticas pueden producir sustancias antagonistas como el diacetilo, el peróxido de hidrógeno, el acetaldehído, compuestos no proteicos de bajo peso molecular como la reuterina, la reutericiлина y el ácido piroglutámico y bacteriocinas que frenan el crecimiento de determinados microorganismos [16-21].

En los últimos años se ha observado un creciente interés por la utilización de bacterias acidolácticas en la conservación de alimentos. Varios estudios demuestran la viabilidad de estos microorganismos en el control del crecimiento de microorganismos patógenos y



La bioconservación de alimentos, a través de la adición de sustancias naturales, se presenta como una alternativa interesante para aumentar la vida útil del producto, garantizar su seguridad microbiológica y reducir el uso de aditivos sintéticos sin modificar las características sensoriales.

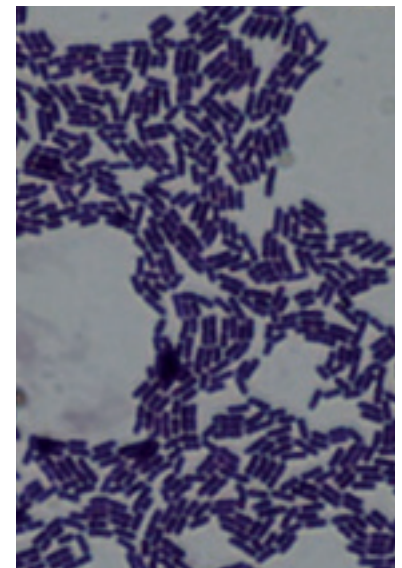


Figura 1: *Lactobacillus plantarum* (microscopía óptica, coloración de gram, ampliación 10 x 100)

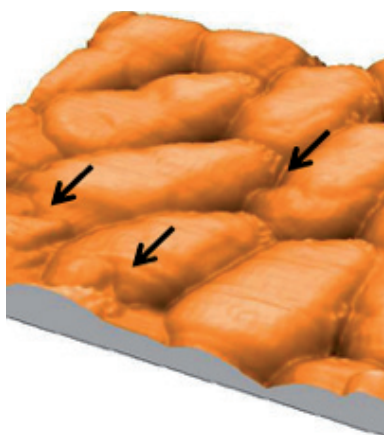


Figura 2: Visualización por microscopía de fuerza atómica de la deformación celular en *L. ivanovii* subsp. *ivanovii* ATCC19119 por acción de la bacteriocina ST5Ha [45]

contaminantes. Diversas bacterias lácticas como *Lactobacillus acidophilus* [22], *Lactobacillus gasseri* [23], *Lactobacillus rhamnosus* [24], *Lactobacillus plantarum* [25,26], *Lactobacillus casei* [27] y *Lactobacillus paracasei* [28] han sido citadas por su capacidad de inhibir agentes patógenos. Se han estudiado interacciones *in vitro* contra bacterias enteropatógenas gramnegativas, tales como *Escherichia coli* [23,27,29], *Salmonella entérica* [28,30,31], *Helicobacter pylori* [32] y *Shigella sonnei* [33]. También se han descrito efectos antagónicos de las bacterias lácticas frente a patógenos grampositivos como *Bacillus cereus* [34] y *Listeria monocytogenes* [35].

Estos organismos unicelulares son responsables de la producción de una gran variedad de metabolitos antimicrobianos como el diacetilo (producto de fermentación), o peróxido de hidrógeno, el acetaldehído, los ácidos orgánicos, los compuestos no proteicos de bajo peso molecular (reuterina, reuteriicina y ácido piroglutámico) y las bacteriocinas, las cuales presentan un gran potencial para la bioconservación de alimentos [18-21].

En la última década se han caracterizado e identificado una gran variedad de bacteriocinas producidas por bacterias acidolácticas, lo que ha supuesto un avance considerable en esta línea de investigación. Varios estudios han evidenciado la capacidad antimicrobiana de diversas bacteriocinas que han sido consideradas como excelentes conservantes cuando se utilizan solas o en combinación [20, 36-44]. En la figura 2 se puede ver la acción bactericida de la bacteriocina ST5Ha de la bacteria acidoláctica *Enterococcus faecium* ST5Ha, que provoca la lisis y destrucción de las células de *L. ivanovii* subsp. *ivanovii* ATCC19119 [45].

Ruiz-Moyano y otros [46] aislaron 363 cepas de bacterias acidolácticas en lomo ibérico. El 30 % de estas cepas presentaron un potencial tecnológico elevado para ser utilizadas como cultivos probióticos debido a su habilidad para crecer y desarrollarse adecuadamente en pH ácido y en concentraciones elevadas de NaCl. Albano y otros [47] evaluaron el potencial de la bacteriocina PA-1 producida por *Pediococcus acidilactici* como bioconservante en la *alheira* (embutido con carne de ternera, cerdo y aves). Esta bacteria láctica fue capaz de inhibir diversas cepas de *Listeria innocua* durante el proceso de producción y a lo largo de la vida útil del producto, reduciendo el patógeno a niveles de detección inferiores a 1,5 UFC/g sin afectar al correcto desarrollo de la flora microbiana natural ni al pH y sin que el producto sufriera alteraciones sensoriales perceptibles por un panel entrenado de catadores.

Aunque en algunos países la bacteriocina pediocina esté permitida como conservante alimentario, en la Unión Europea y en los EE.UU. la única bacteriocina autorizada para su incorporación en alimentos es la nisina. Descubierta en 1928, la nisina recibió el estatus GRAS ('generalmente reconocido como seguro') en 1988, habiendo sido aprobada por la US Food and Drug Administration (FDA) su aplicación a productos alimentarios [48]. En 1995 se autorizó el uso de la nisina (E-234) en alimentos en la Unión Europea mediante la Directiva 95/2/EC. Actualmente su aplicación está regulada mediante el Reglamento 1129/2011 [5].

Análogamente a la nisina, las demás bacteriocinas estudiadas se degradan rápidamente por las proteasas del tracto gastrointestinal, por lo que se podría extender el estatuto GRAS a otras bacteriocinas ampliamente evaluadas *in vitro*, a través de la promoción de estudios *in vivo* [49].

1.3.2 Metodologías y requisitos de aplicación de las bacterias acidolácticas

La bioconservación puede incorporarse a alimentos, concretamente a productos cárnicos curados y/o ahumados, a través de cuatro métodos [50,51]:

1. Adición de un cultivo puro y viable de bacterias lácticas con capacidad comprobada de producción de bacteriocinas. Su éxito depende de la habilidad del cultivo para crecer y producir estos metabolitos en condiciones ambientales y tecnológicas específicas (temperatura, pH, a_w , aditivos y otros). El cultivo debe ser capaz de competir con la microflora natural, no debe influir en las propiedades físicoquímicas y sensoriales del

alimento, y no debe producir gas ni exopolisacáridos para evitar la hinchazón del envase y la formación de viscosidades.

2. Adición de bacterias lácticas mesófilas, permitiendo así salvaguardar su viabilidad frente a un posible exceso de temperatura durante el proceso de fabricación. La cepa bioprotectora debe ser incorporada a una concentración inicial conocida y en condiciones de refrigeración. Cuando la temperatura del proceso es excesiva, la cepa se desarrollará por competición frente a la bacteria patógena. Puede incluso existir una degradación del producto según la temperatura de almacenado a la que se encuentra, lo que no permitirá el crecimiento del microorganismo patógeno y el consumo del producto por parte del consumidor.
3. Adición de preparaciones de bacteriocinas en extracto crudo, licor fermentado o concentrados obtenidos a partir del crecimiento de las bacterias lácticas. Esta técnica evita el uso de compuestos purificados, los cuales pueden requerir de reglamentación legal y un coste de producción elevado debido a la necesidad de purificación del compuesto.
4. Adición de sustancias antagonicas puras o semipuras como las bacteriocinas. Este método adquiere especial interés porque se conoce de forma precisa la dosis añadida y el resultado puede ser más fiable. Esta técnica de bioconservación está limitada a la legislación aplicable en cada país, concretamente en lo que concierne a la adición de aditivos. Es importante, inicialmente, estandarizar la producción y precipitación de la bacteriocina hasta que sea posible asegurar su reproducibilidad y de esta forma asegurar la cantidad adecuada, cuya adición permitirá un poder de inhibición suficiente.

La aplicación de este tipo de tecnologías obliga indiscutiblemente al control de las variables tecnológicas a que estos cultivos están sujetos. Las dos primeras técnicas de bioconservación se consideran técnicas *in situ* ya que todo el proceso se desarrolla de forma autónoma dentro del alimento. Las dos últimas técnicas están consideradas como técnicas de adición *ex situ* ya que los cultivos protectores se producen en condiciones controladas y sólo después se incorporan al alimento. Para que sea posible ejecutar las técnicas *ex situ* es necesario aislar completamente los microorganismos productores de bacteriocinas, asegurar la existencia de equipamiento y medios de cultivo específicos, garantizar la actividad de cada extracto, determinar la concentración mínima inhibitoria contra patógenos (determinación de curvas de crecimiento e inactivación) y posteriormente estandarizar la técnica para asegurar las cantidades de inóculo y el efecto deseado.



En los últimos años se ha observado un creciente interés por la utilización de bacterias acidolácticas o bacteriocinas en la conservación de alimentos.



2. CASO PRÁCTICO: SUSTITUCIÓN DE ADITIVOS POR CULTIVOS DE BACTERIAS ACIDOLÁCTICAS EN UN PRODUCTO CURADO/ AHUMADO TRADICIONAL

2.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Este estudio se basa en los resultados preliminares del proyecto «Biofumados: Tradição vs Qualidade». La utilización de *starters*, en sustitución de las fermentaciones realizadas por la flora autóctona, presenta ventajas, por ejemplo, en términos de aumento de la consistencia del inóculo, de disminución del riesgo de contaminación cruzada, de aumento de la uniformidad en la producción de ácido láctico, de producción de aromas deseables, de la previsión del valor final de pH y de la disminución del riesgo de crecimiento de bacterias patógenas. Otros beneficios incluyen la disminución del tiempo de fermentación, el aumento de la productividad y la reducción de productos con defectos de sabor/flavor y textura, atribuidos al crecimiento de bacterias heterofermentativas.

Así, este proyecto tiene como objetivo la elaboración de embutidos y ahumados tradicionales, más seguros, a través de la utilización de microorganismos autóctonos, aislados de los mismos embutidos y de la aplicación de sus bacteriocinas. La utilización de microorganismos con elevado valor tecnológico y que simultáneamente puedan generar *in situ* condiciones adversas al crecimiento de patógenos es sin duda una línea innovadora en el sector de los embutidos y ahumados tradicionales, objeto de este proyecto.

Se pretende pues seleccionar el método más adecuado de adición de *starters* bioprotectores y de sus bacteriocinas en el procesado de embutidos tradicionales curados y/o ahumados, tanto por incorporación directa al producto como al envase. El método de adición seleccionado será el que demuestre poseer el mayor equilibrio entre la capacidad de conservación y mantenimiento de las características sensoriales propias de estos productos tradicionales. Para este estudio se seleccionó un embutido tradicional del nordeste portugués, la *alheira*.



Figura 3: Alheira

La *alheira* es un embutido tradicional portugués, cocido, curado y ligeramente ahumado. Su origen se remonta a finales del siglo XV y se asocia a la presencia de las comunidades judías en la región de Trás-os-Montes, en el norte de Portugal [52]. Es un producto elaborado con una mezcla de carne de vaca, pollo, cerdo, pan y condimentos. Presenta un color marrón claro y una forma cilíndrica que recuerda una herradura, con una longitud que oscila entre 20 y 25 cm (figura 3). La tripa no debe presentar rupturas y debe estar bien adherida a la pasta. Los extremos se atan con un hilo de algodón [52]. Es un producto alimentario que necesita cocción antes de ser consumido, la cual puede hacerse por fritura en aceite o en horno. El producto presenta una vida útil de 60 días, almacenado a una temperatura entre 0 y 5 °C y envasado en atmósfera modificada (80 % N₂ y 20 % CO₂). El peso oscila entre 150 y 200 gramos. En cuanto a las características sensoriales, presenta un ligero flavor a humo, con destacadas notas a ajo, aceite y un ligero sabor ácido (típico del producto).

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
pH	4,5	6,3	5,1	0,5
% NaCl	1,0	1,8	1,3	0,3
% Humedad	43,3	57,2	52,3	4,3
% Grasa	10,9	29,6	18,4	4,7
% Proteína total	6,9	15,5	11,4	2,8
% Carbohidratos	10,2	20,9	15,2	3,6
Energía (kcal/100 g)	220	369	274,4	39,7

Tabla 1: Mínimo, máximo, media y desviación estándar de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales de la alheira. Tabla adaptada de Ferreira et al. [53]

2.2 OBJETIVOS

Este proyecto se divide en varias etapas y tiene como objetivo:

1. Desarrollar estudios preliminares y buscar patentes en productos cárnicos curados y ahumados.

Se trata de realizar una investigación de las patentes ya existentes en el mercado internacional relativas a bioconservación de productos cárnicos embutidos y ahumados que se utilizarán posteriormente de base para el desarrollo e innovación previstos en las siguientes tareas.

2. Minimizar los peligros potenciales durante el procesado de productos cárnicos tradicionales portugueses y validación de diagramas de flujo *in situ*.

Se trata de validar el diagrama de flujo de elaboración de productos embutidos y ahumados y la posterior identificación de las variables de proceso y los peligros potenciales. De este modo se podrán identificar las etapas del proceso en las que la utilización de agentes bioprotectores podrá representar una mejora de la calidad y seguridad del producto final.

3. Aislar y seleccionar los *starters* bacteriocinogénicos a aplicar como bioprotectores durante el procesado de productos embutidos y ahumados tradicionales portugueses.

Se trata de aislar las diferentes bacterias acidolácticas de interés y realizar un análisis de su actividad antimicrobiana y bacteriocinogénica en los productos objeto de estudio para evaluar su capacidad contra bacterias patógenas según los peligros identificados en la etapa n.º 2. Se han considerado aspectos como la ausencia de factores intrínsecos de virulencia; los productos de origen; la resistencia a las condiciones del proceso, concretamente al pH, a la temperatura, a la sal y a componentes de la matriz alimentaria.

4. Evaluar los parámetros de calidad de los productos representativos de la tecnología aplicada.

Se trata de caracterizar los embutidos ahumados durante su vida útil, elaborados con y sin la adición de *starters* bioprotectores, de manera que se pueda evaluar el impacto de esta tecnología en la calidad final del producto. Para esta caracterización se ha recurrido a técnicas de análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial de los alimentos.

Posteriormente se estudiará un método innovador de adición de los cultivos bioprotectores que podrá tener lugar durante la fase de preparación y reposo de la pasta, inmediatamente antes del embutido o al final del proceso, ya sea por inmersión o aspersión. En el caso de productos loncheados se evaluará además la adición de cultivos mediante spray, pincelado



En este estudio se ha evaluado la vida útil de embutidos ahumados elaborados con y sin la adición de *starters* bioprotectores.



e inmersión antes del cierre del envase. Se realizarán estudios para evaluar el impacto de distintas tecnologías de envasado aisladas y combinadas para desarrollar un envase óptimo para cada tipo de producto y la forma de presentación (por unidad o loncheado), que mantenga la calidad y seguridad del producto, aumentando, cuando sea posible, su vida útil. Las tecnologías a evaluar serán los envases y/o revestimientos bioactivos impregnados con agentes antimicrobianos, el envase en atmósfera modificada y el envase al vacío. Finalmente se aplicarán los *starters* bioprotectores a escala industrial (*scale-up*) para validar la tecnología y ponerla a disposición de la industria.

Los resultados presentados en el subcapítulo siguiente abordan solamente la adición de los *starters* bioprotectores *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus sakei*, aislados de productos curados/ahumados tradicionales (*beloura* y *salpicão*), en el proceso de fabricación de otro embutido tradicional, la *alheira*.

2.3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

En el ámbito de la etapa n.º 3 del proyecto, mencionada anteriormente — Aislar y seleccionar los *starters* bacteriocinogénicos a aplicar como bioprotectores en el procesado de productos embutidos y ahumados tradicionales portugueses —, se realizaron diversos ensayos cuyas técnicas y resultados se presentan en el capítulo siguiente.

Se han realizado pruebas de aislamiento de bacterias acidolácticas en productos cárnicos curados y ahumados. Se aislaron 6 cepas, 2 de *Lactobacillus plantarum*, 3 de *Lactobacillus sakei* y 1 de *Enterococcus faecium* con capacidad bacteriocinogénica. Se han publicado los resultados de optimización y producción de bacteriocinas por parte de varias de estas cepas, concretamente sobre optimización de la producción de la bacteriocina ST153ch producida por la cepa *Lactobacillus sakei* y aislada de *salpicão* [36] y *Lactobacillus plantarum* y su bacteriocina ST202ch aislada de *beloura* [54], ambos productos a base de carne curada y ahumada.

Tras los estudios de aislamiento y selección de los cultivos basándose en su poder antimicrobiano se procedió a su aplicación a escala industrial en la empresa Minho Fumeiro— Enchidos e Fumados à Moda de Ponte de Lima Lda. En el proceso de fabricación de *alheira* se incorporó la cepa *Lactobacillus sakei* ST153ch, que fue la que presentó mejores resultados. Tras la incorporación del cultivo a la mezcla de carnes se continuó el proceso habitual de elaboración con sus etapas hasta obtener el producto final envasado al vacío o en atmósfera modificada. El producto fue sometido a las mismas condiciones de curado, ahumado, envasado y temperatura de almacenado que el producto sin la incorporación de *Lactobacillus sakei* ST153ch. Después del envasado, las muestras del producto estándar y aquellas con *Lactobacillus sakei* ST153ch se enviaron al laboratorio para su caracterización microbiológica y sensorial.

El análisis sensorial se realizó mediante un panel entrenado de 9 catadores que habían generado el perfil descriptivo mediante varias sesiones de discusión previas a la ejecución de la caracterización sensorial. El perfil descriptivo contuvo 17 descriptores.

Los datos generados se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el *software* Statistica (versión 7, Statsoft, Inc.) para estudiar la existencia de diferencias para cada atributo entre las muestras control (muestra comercial) y la *alheira* con la cepa añadida, a tiempo inicial (día cero después de la elaboración). Posteriormente se estudiarán los resultados a 30, 45, 60 y 90 días de conservación para evaluar la persistencia del efecto bactericida y determinar el tiempo de vida útil de estos productos sin que se produzcan alteraciones de sus propiedades sensoriales. Por último, se realizará un estudio de consumidores para evaluar la aceptabilidad de la *alheira*.

2.4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran una actividad antimicrobiana y bacteriocinogénica evidente de *Lactobacillus plantarum*, productor de la bacteriocina ST202ch, y de *Lactobacillus sakei*, productor de la bacteriocina ST153ch contra *Listeria monocytogenes* B296. Se realizaron estudios que permitieron comparar la eficiencia y el crecimiento de las bacterias acidolácticas directamente en la *alheira* y en competencia con otros microorganismos para simular las condiciones reales del producto y de su flora microbiana. Quedó demostrada la capacidad de crecimiento de las bacterias lácticas objeto de estudio inoculadas con diferentes microorganismos. Posteriormente, se realizó un estudio preliminar en ambiente industrial con la producción de *alheiras* inoculadas con *Lactobacillus sakei*, productor de la bacteriocina ST153ch.

Como se ha indicado, entre las bacterias acidolácticas aisladas se identificaron cepas con actividad antimicrobiana y bacteriocinogénica. Se constató que esta actividad es debida a la competencia directa entre especies o al efecto de la producción de ácido láctico con consiguiente reducción del pH del medio de cultivo.

Tan sólo se utilizaron dos cepas autóctonas bacteriocinogénicas: *Lactobacillus plantarum* ST202ch aislado de *beloura* y *Lactobacillus sakei* ST153 aislado de *salpicão*. La actividad anti-*Listeria* de las cepas *Lactobacillus plantarum*, productora de la bacteriocina ST202ch, y *Lactobacillus sakei*, productora de la bacteriocina ST153ch, se evaluó inicialmente en muestras de carne de cerdo esterilizada dado que no se conoce su comportamiento *in situ*.

Se observó una inhibición de *L. monocytogenes* en presencia de ST153ch (halo de inhibición, figura 4) a lo largo de los 10 días de estudio, a una temperatura de incubación de 30 °C. No se observó inhibición del patógeno indicador con la ST202ch durante el tiempo de estudio, sin embargo, se observó un aumento del periodo de latencia (24 horas) (figura 5).

Estos resultados evidencian que la cepa *Lactobacillus sakei*, productora de la bacteriocina ST153ch, fue más efectiva en el control del crecimiento del microorganismo indicador, *Listeria monocytogenes* B296, que la cepa *Lactobacillus plantarum* ST202ch.

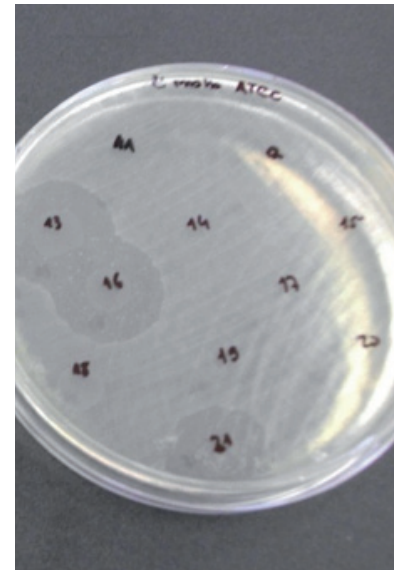


Figura 4: Placa con halo de inhibición por acción de *Lactobacillus sakei* ST153ch frente a *L. monocytogenes*

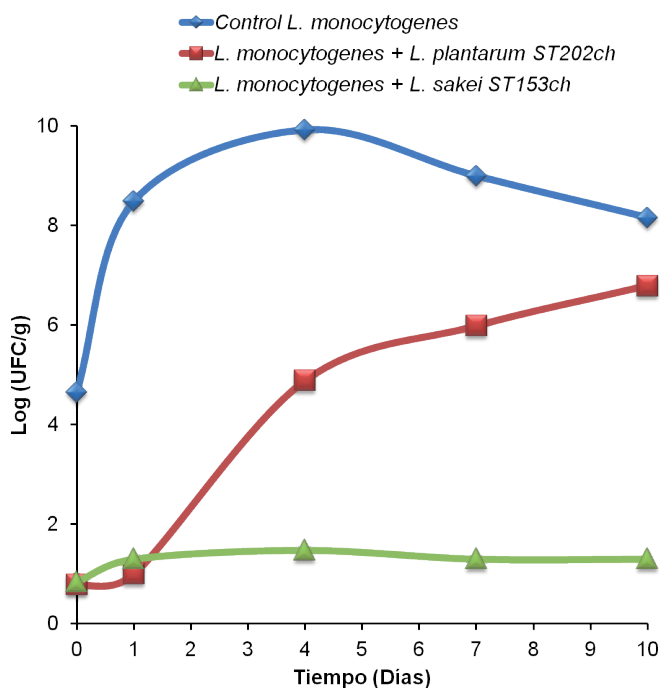


Figura 5: Recuentos de *L. monocytogenes* en la carne estéril en presencia de ST202ch (*L. plantarum* ST202ch) y de ST153ch (*L. sakei* ST153ch) (Control *L. monocytogenes* – crecimiento de *L. monocytogenes* en carne; *L. monocytogenes* + *L. plantarum* ST202ch – crecimiento de *L. monocytogenes* en la carne con mezcla de ST202ch; *L. monocytogenes* + *L. sakei* ST153ch – crecimiento de *L. monocytogenes* en la carne con mezcla de ST153ch)

Lactobacillus sakei ST153ch inhibió el crecimiento de *L. monocytogenes*, con una reducción de 2 logarítmicos en relación al control durante los 15 días de conservación a una temperatura de refrigeración de 5 °C (figura 6).

El análisis sensorial, realizado a día cero, reveló que el panel de catadores fue coherente en la respuesta correspondiente a los atributos que presentaron diferencias significativas (el «Olor característico», la «Dureza de la pasta», el «Sabor/flavor característico», el «Sabor ácido» y el «Sabor amargo» ($p < 5\%$). Así pues, el panel detectó diferencias significativas en estos atributos al comparar la *alheira* inoculada y la *alheira* comercial no inoculada.

No se detectaron diferencias significativas en la *alheira* inoculada envasada al vacío y en atmósfera modificada (80 % N₂ y 20 % CO₂) en ninguno de los atributos evaluados. El análisis posterior de los productos durante el tiempo de conservación permitirá evaluar si el envase afecta significativamente a las características sensoriales.

La adición de una suspensión salina de 500 ml por cada 10 kg de pasta inoculada, que probablemente acidificó la muestra debido a la producción de más ácido láctico, aumentó también la humedad del producto y alteró su textura, y estas dos condiciones son, probablemente, responsables de la dureza, olor y sabor detectados. Más adelante se evaluará también este efecto comparando este producto con un control elaborado mediante la adición de 500 ml de solución salina pero sin inóculo. Se efectuarán también estudios de adición del inóculo, tanto en la pasta como en el envase. Estos análisis sensoriales permitirán conocer el efecto del tipo de envase (en atmósfera modificada-uso comercial y al vacío) influye en las características sensoriales del producto a lo largo de su vida útil y a los 90 días.

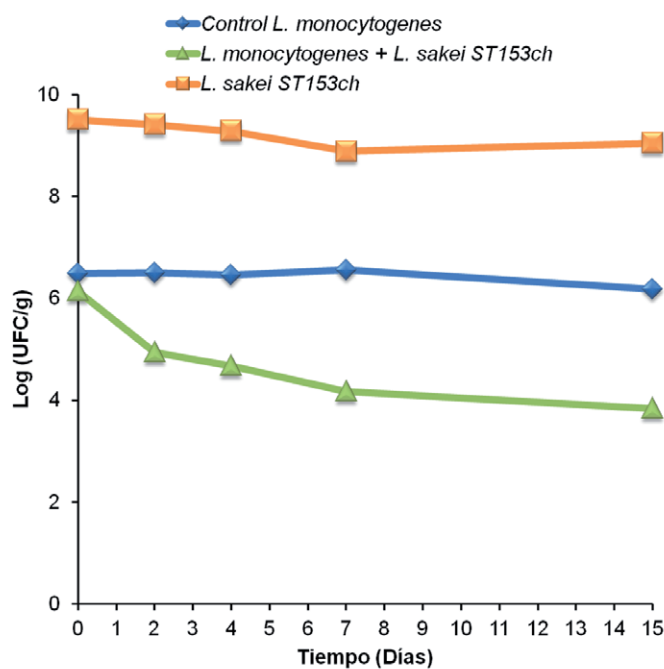


Figura 6: Recuentos de *L. monocytogenes* en *alheira* en presencia del *L. sakei* ST153ch (Control *L. monocytogenes* – crecimiento de *L. monocytogenes* en *alheira*; *L. monocytogenes* + *L. sakei* ST153ch – crecimiento de *L. monocytogenes* en *alheira* con mezcla de ST153ch; *L. sakei* ST153ch – crecimiento del *L. sakei* ST153ch en *alheira*)

3. CONCLUSIONES

Análogamente a los resultados obtenidos en este estudio, diversos autores han demostrado la capacidad de las bacterias acidolácticas para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos en productos cárnicos curados y ahumados [47,54-56].

En el futuro, este tipo de «cultivos funcionales» podrá proteger al consumidor de intoxicaciones alimentarias provocadas por cepas patógenas o por la ingestión de sus toxinas, mediante una acidificación rápida del alimento o por la producción de metabolitos antimicrobianos como las bacteriocinas [49]. No obstante, es importante que, cuando se realicen pruebas para determinar la capacidad antimicrobiana de nuevas cepas, se tengan en cuenta los riesgos asociados, como pueden ser la formación de aminas biógenas y el desarrollo de resistencias por parte de las bacterias a antibióticos [49]. Ciertas cepas pueden incluso actuar como probióticos pudiendo considerarse también que poseen características nutraceuticas [55].

Según Bonomo et al. [57], en este estudio se ha demostrado la alta capacidad antimicrobiana de *Lactobacillus sakei*, en cuanto a estandarizar el proceso, preservar las características sensoriales e incluso mejorarlas, en el sentido de no utilizar conservantes sintéticos, ya que se sustituyen por cultivos vivos autóctonos capaces de garantizar la seguridad biótica y abiótica del producto. Los resultados obtenidos demuestran que la bioconservación a través de la adición de bacterias acidolácticas es una alternativa viable a los conservantes sintéticos que garantiza la seguridad biótica y abiótica del producto manteniendo sus características sensoriales y su modo de producción tradicional, constituyendo un ejemplo de lo que se ha denominado «Innovar la tradición».

Las bacteriocinas son metabolitos secundarios fácilmente degradados por las proteasas, enzimas del tracto gastrointestinal en humanos [42], y por ello, análogamente a la nisina, podrían incluirse como sustancias GRAS con la perspectiva de ofrecer una oportunidad a la bioconservación, ya sea por adición de bacterias acidolácticas o por adición directa de sus bacteriocinas, siempre que existan pruebas y estudios específicos *in vivo* que garanticen sus beneficios [49].



La bioconservación a través de la adición de bacterias acidolácticas es una alternativa viable a los conservantes sintéticos que garantiza la seguridad biótica y abiótica del producto manteniendo sus características sensoriales.



4. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa COMPETE – Programa Operacional Factores de Competitividad del Gobierno de Portugal la financiación del proyecto n.º 13338, «Biofumados: Tradição vs Qualidade», y a la empresa Minhofumeiro – Enchidos e Fumados à Moda de Ponte de Lima Lda, el Instituto Politécnico de Viana do Castelo y la Universidade Católica Portuguesa. Los estudios aquí presentados son el resultado del trabajo de diversos investigadores de las dos últimas instituciones y también de la colaboración del Dr. Svetoslav Todorov, de la Universidad de S. Paulo, Brasil.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Vaz-Velho M. Smoked foods production. En: Caballero B, Trugo L, Finglas PM, editores. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier-Academic Press; 2003. p. 5302-9.
- Ribeiro M, Martins, C. La certificación como estrategia de valorización de productos agroalimentarios tradicionales: la alheira, un embutido tradicional de Trás-os-Montes. *Agricultura y Sociedad* 1996;80-81:313-34.
- Caldentey P, Gómez, A. Productos típicos, territorio y competitividad. *Agricultura y Sociedad* 1996;80-81:57-82.
- Soeiro A. Estratégias para a valorização dos produtos tradicionais portugueses: o caso particular das protecções das denominações de origem, das indicações geográficas e dos nomes específicos. 1as Jornadas de Queijos e Enchidos; 3 de abril de 1998; Porto, Portugal. p. 19-22.
- Reglamento (UE) N.º 1129/2011 de la Comisión, de 11 de noviembre de 2011, por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CE) N.º 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo para establecer una lista de aditivos alimentarios de la Unión. *DOUE L295*. (12 noviembre 2011).
- Reglamento (CE) N.º 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios. *DOUE L354* (31 diciembre 2008) [Internet]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0033:es:PDF>
- Freitas AC, Figueiredo P. Inibidores de Alterações químicas e Biológicas. En: *Conservação de Alimentos*. Lisboa; 2000. p. 50-2.
- Wirth F. La reducción y el no empleo de las sustancias de curado en los productos cárnicos. *Fleischwirtsch* 1993;1:3-9.
- Freire R. Informe Bioconservação de Alimentos. Proyecto Bioemprende, financiado por el programa POCTEP (Programa de Cooperação Transfronteiriça Espanha-Portugal 2007-13); 2010.
- Santroch VD. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico [tesis Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos]. Recinto universitario de Mayagüez (Puerto Rico): Univ Puerto Rico; 2006.
- Daeschel MA. Antimicrobial substances from lactic acid bacteria for use as food preservatives. *Food Technol* 1989;43:164-7.
- Klaenhammer TR. Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie* 1988;70:337-49.
- Schillinger U, Lücke FK. Lactic acid bacteria as protective cultures in meat products. *Fleischwirtsch* 1990;70:1296-9.
- Smith JL, Palumbo SA. Use of starter cultures in meat. *J Food Prot* 1983;46:997-1006.
- Aymerich T, Martín B, Garriga M, Hugas, M. Microbial quality and direct PCR identification of lactic acid bacteria and nonpathogenic staphylococci from artisanal low-acid sausages. *Appl Environ Microbiol* 2003;69:4583-94.
- García T, Martín R, Sanz B, Hernández, PE. Extensión de la vida útil de la carne fresca. En: *Envasado en atmósfera modificada y utilización de bacterias acidolácticas y bacteriocinas*. *Rev Española de Ciencia y Tecnología* 1995;35(1):1-18.
- Vignolo G, Fadda S, Kairuz MN, Holgado AR, Oliver G. Control of *Listeria monocytogenes* in ground beef by lactocina 705, a bacteriocin produced by *Lactobacillus casei* CRL705. *Int J Food Microbiol* 1996;29:397-402.
- Chen H, Hoover DG. Bacteriocins and their food applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2003;22:82-100.
- Leroy F, De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Sci Technol* 2004;15:67-78.
- Gálvez A, Abriouel H, Lucas López R, Ben Omar N. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol* 2007;120:51-70.
- Bello BD, Rantsiou K, Belliob A, Zeppaa G, Ambrosolia R, Civerab T et al. Microbial ecology of artisanal products from North West of Italy and antimicrobial activity of the autochthonous populations. *LWT Food Sci Technol* 2010;43:1151-9.
- Sheman PM, Johnson-Henry KC, Yeung HP, Ngo PSC, Goulet J, Tomkins TA. Probiotics Reduce Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7- and Enteropathogenic *E. coli* O127:H6-Induced Changes in Polarized T84 Epithelial Cell Monolayers by Reducing Bacterial Adhesion and Cytoskeletal Rearrangements. *Infect Immun* 2005;73(8):5183-8.
- Fernández MF, Boris S, Barbés C. Probiotic properties of human lactobacilli strains to be used in the gastrointestinal tract. *J App Microbiol* 2003;94(3):449-55.
- Lee Y-K, Puong K-Y, Ouwehand AC, Salminen SJ. Displacement of bacterial pathogens from mucus and Caco-2 cell surface by lactobacilli. *J Med Microbiol* 2003;52:925-30.
- Hugo AA, Kakisu E, De Antoni GL, Pérez PF. Lactobacilli antagonize biological effects of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* in vitro. *Lett. J Appl Microbiol* 2008;46(6):613-9.
- Ramiah K, Van Reenen CA, Dicks LMT. Surface-bound proteins of *Lactobacillus plantarum* 423 that contribute to adhesion of Caco-2 cells and their role in competitive exclusion and displacement of *Clostridium sporogenes* and *Enterococcus faecalis*. *Res Microbiol* 2008;159:470-5.
- Ingrassia I, Leplingard A, Darfeuille-Michaud A. *Lactobacillus casei* DN-114 001 inhibits the ability of adherent-invasive *Escherichia coli* isolated from Crohn's disease patients to adhere to and to invade intestinal epithelial cells. *Appl Environ Microbiol* 2005;71(6):2880-7.
- Jankowska A, Laubitz D, Antushevich H, Zabielski R, Grzesiuk E. Competition of *Lactobacillus paracasei* with *Salmonella enterica* for adhesion to Caco-2 cells. *J Biomed Biotechnol* 2008;357964.
- Candela M, Perna F, Carnevali P, Vitali B, Ciati R, Gionchetti P et al. Interaction of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains with human intestinal epithelial cells: adhesion properties, competition against enteropathogens and modulation of IL-8 production. *Int J Food Microbiol*

- 2008;125:286-92.
30. Golowczyc MA, Mobili P, Garrote GL, Abraham AG, De Antoni GL. Protective action of *Lactobacillus kefir* carrying S-layer protein against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Int J Food Microbiol* 2007;118:264-73.
 31. Maragkoudakis PA, Zoumpopoulou G, Miaris C, Kalantzopoulos G, Pot B, Tsakalidou E. Probiotic potential of *Lactobacillus* strains isolated from dairy products. *Int Dairy J* 2006;16:189-99.
 32. Collado MC, González A, González R, Hernández M, Ferrús MA, Sanz Y. Antimicrobial peptides are among the antagonistic metabolites produced by *Bifidobacterium* against *Helicobacter pylori*. *Int J Antimicrob Agents* 2005; 25:385-91.
 33. Spinler JK, Taweechoitaptr M, Rognerud CL, Ou CN, Tumwasorn S, Versalovic J. Human-derived probiotic *Lactobacillus reuteri* demonstrate antimicrobial activities targeting *g* diverse enteric bacterial pathogens. *Anaerobe* 2008;14:166-71.
 34. Yang Y, Tao W-Y, Liu Y-J, Zhu F. Inhibition of *Bacillus cereus* by lactic acid bacteria starter cultures in rice fermentation. *Food Control* 2008;19:159-61.
 35. Ghalfi H, Thonart P, Benkerroum N. Inhibitory activity of *Lactobacillus curvatus* CWBI-B28 against *Listeria monocytogenes* and ST2-verotoxin producing *Escherichia coli* O157. *Afr J Biotechnol* 2006;22:2303-6.
 36. Todorov SD, Ho P, Vaz-Velho M. Optimisation of bacteriocin ST153Ch production by *Lactobacillus sakei* ST153Ch, strain isolated from salpicão, a traditional pork product from the north-west of Portugal. *J Biotechnol* [Internet] 2008;1(136):S735. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2008.07.1752>
 37. Todorov SD, Vaz-Velho M. Isolation and characterization of plantaricin ST8SH a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* ST8SH, strain isolated from Bulgarian salami. *J Biotechnol Supplement* [Internet];1(136):S735. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2008.07.1751>
 38. Todorov SD, Ho P, Franco BDGM, Vaz-Velho M. Effect of medium composition on the production of bacteriocin ST216Ch a strain of *Lactobacillus plantarum* isolated from Portuguese Chouriço. *Higiene Alimentar* 2009;23(170-171):352-3.
 39. Todorov SD, Dicks LMT. *Lactobacillus plantarum* isolated from molasses produces bacteriocins active against Gram negative bacteria. *Enz Microbial Tech* 2005;36:318-26.
 40. Gyoł SH, Min CY, Kyoung KH, Chul RY, Hoon LS, Chul KB. Tenderization and fragmentation of myofibrillar proteins in bovine longissimus dorsi muscle using proteolytic extract from *Sarcodon aspratus*. *LWT Food Sci Technol* 2008;41:1389-95.
 41. Oliete B, Moreno T, Carballo JA, Monserrat L, Sánchez L. Estudio de la calidad de la carne de ternera de raza Rubia Gallega a lo largo de la maduración al vacío. *Arch Zootecnia* 2006;55(209):3-14.
 42. Holzapfel WH, Geisen R, Schillinger U. Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *Int J Food Microbiol* 1995;24(3):343-62.
 43. Rybka-Rodgers S. Improvement of food safety design of cook-chill foods. *Food Res Int* 2001;34(5):449-55.
 44. Vignolo G, Fadda S. Starter cultures: Bioprotective cultures. En: Toldrá F, Hui Y, Astiasarán I, Nip W, Sebranek J, Silveira E et al, editores. *Handbook of fermented meat and poultry*. Oxford: Blackwell Publishing; 2007. p. 147-57.
 45. Todorov SD, Franco BDGM, Tome E, Vaz-Velho M. Mode of action of bacteriocin ST5Ha on *Listeria ivanovii* subsp. *ivanovii* ATCC19119. CIBIA VII. Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos. Integrando la Ingeniería de Alimentos con el Bienestar; 6-9 de septiembre 2009, Bogotá, Colombia. Comunicación oral. Book of Abstracts, Programa, Sección Biopreservación.
 46. Ruiz-Moyano S, Martín A, Benito MJ, Nevado FP, Córdoba M de G. Screening of lactic acid bacteria and bifidobacteria for potential probiotic use in Iberian dry fermented sausages. *Meat Sci* 2008;80:715-21.
 47. Albano H, Pinho C, Leite D, Barbosa J, Silva J, Carneiro L et al. Evaluation of a bacteriocin-producing strain of *Pediococcus acidilactici* as a biopreservative for Alheira a fermented meat sausage. *Food Control* 2009;20:764-70.
 48. Sindt, RH, attorney. GRAS notice-exemption claim for specified uses of nisin [Internet]. Diciembre 2000 [citado 27 julio 2012]. Disponible en: http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/gras_notices/grno065.pdf
 49. Todorov SD, Franco BDGM, Vaz-Velho M. Bacteriocin Producing Lactic Acid Bacteria From and for Production of Salami-like Products. *International Review of Food Science and Technology* 2009:57-61.
 50. Vásquez SM, Héctor SM, Sandra ZB. Use of Antimicrobial Substances Produced by Acid Lactic Bacterias on Meat Conservation. *Rev Chil Nutr* 2009;36(1):64-71.
 51. Moreira Do S, Wagner L. Aislamiento y caracterización parcial de una bacteriocina producidas por *pediococcus* sp 347 de origen cárnico [tesis doctoral]. Madrid, España: Departamento de Nutrición y Bromatología III, Univ Complutense de Madrid, Facultad de veterinaria; 1993.
 52. Cámara Municipal de Mirandela [Internet]. Mirandela (Portugal): Cámara Municipal de Mirandela; 2012 [citado 22 de junio de 2012]. Disponible en: www.cm-mirandela.pt
 53. Ferreira V, Barbosa J, Vendeiro S, Mota A, Silva F, Monteiro MJ et al. Chemical and microbiological characterization of alheira: A typical Portuguese fermented sausage with particular reference to factors relating to food safety. *Meat Sci* 2006;73:570-5.
 54. Todorov SD, Ho P, Vaz-Velho M, Dicks LMT. Characterization of bacteriocins produced by two strains of *Lactobacillus plantarum* isolated from Beloura and Chouriço, traditional pork products from Portugal. *Meat Sci* 2010;84:334-43.
 55. Ammor MS, Mayo B. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An up-date. *Meat Sci* 2007;76:138-46.
 56. Urso R, Rantsiou K, Cantoni C, Comi G, Cocolin L. Technological characterization of a bacteriocin-producing *Lactobacillus sakei* and its use in fermentation sausages production. *Int J Food Microbiol* 2006;110:232-9.
 57. Bonomo MG, Ricciardi A, Zotta T, Parente E, Salzano G. Molecular and technological characterization of lactic acid bacteria from traditional fermented sausages of Basilicata region (Southern Italy). *Meat Sci* 2008;80:1328-48.

CAPÍTULO 2

INNOVACIONES Y UTILIZACIÓN DE GRASAS EN LOS PRODUCTOS ALIMENTARIOS

Balhadere S, Leao JD, Morin O

Institut des Corpses Gras - ITERG, 11 rue Gaspard Monge, Parc Industriel Bersol 2,
33600 Pessac (Francia)

Índice

1. INTRODUCCIÓN	26
1.1 Contexto actual	26
1.2 Los principales alimentos que aportan lípidos a la dieta	27
1.3 Papel de la materia grasa	28
1.3.1 Función biológica e interés nutricional	28
1.3.2 Funciones tecnológicas para la industria agroalimentaria.....	28
2. VÍAS DE INNOVACIÓN	30
2.1 Reducción de grasa	30
2.1.1 Definición.....	30
2.1.2 Necesidades tecnológicas.....	30
2.1.3 Soluciones	30
2.2 Modificación de las proporciones de los componentes de la grasa	31
2.2.1 Definición	31
2.2.2 Necesidades tecnológicas.....	32
2.2.3 Soluciones	33
3. CASO PRÁCTICO: ENRIQUECIMIENTO EN OMEGA-3 DE UN QUESO DE CABRA	34
3.1 Definición del producto	34
3.2 Objetivos	35
3.3 Desarrollo experimental	35
3.4 Resultados	36
4. CONCLUSIONES	38
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO ACTUAL



Las empresas están interesadas en desarrollar productos funcionales que permitan favorecer el equilibrio entre los aportes y la calidad de los ácidos grasos.



El conocimiento por parte de la población del impacto de la dieta o de ciertos componentes de ésta en la salud, gracias a los resultados de estudios epidemiológicos así como de las recomendaciones que se desprenden de ellos, ha provocado cambios en los hábitos alimenticios [1].

Los consumidores son cada vez más conscientes de la relación entre alimentación y salud [2] y del impacto positivo o negativo de la grasa (aceites, grasas de origen vegetal o animal) en función de su naturaleza y cantidad consumida. Por esta razón, los aspectos nutricionales influyen cada vez más en la decisión de compra de determinados productos, aunque la novedad es un factor importante en la decisión de compra ya que muchos consumidores se sienten atraídos por ellos.

Este interés por parte de los consumidores ha estimulado a las empresas del sector agroalimentario a desarrollar productos «funcionales» que permitan, en el marco de una nutrición saludable, favorecer el equilibrio entre los aportes y la calidad de ácidos grasos. La cantidad y naturaleza de la grasa que contiene un producto contribuyen a su valor nutricional.

Estos aspectos favorecen la innovación e implican, según el caso, el desarrollo de nuevos procesos ya que cambios en la composición implican modificaciones en la funcionalidad que las grasas aportan al producto. También se favorece el empleo de otros recursos (nuevos tipos de grasa con una composición y relación de ácidos grasos distintos y la búsqueda de alternativas procedentes de la investigación). Sin embargo, para ello es necesaria la creación de un sector de abastecimiento, o aplicar los procedimientos legislativos necesarios para autorizar la introducción de un nuevo alimento en el mercado. Además, las grandes producciones mundiales de oleaginosas (por ejemplo de palma y derivados, soja, girasol, cacahuete...) pueden, de manera puntual o permanente, ser percibidas de forma negativa por parte de determinados sectores de consumidores. Esta situación estimula la búsqueda de alternativas la complejidad de las cuáles es todo un desafío [1].

También, el desarrollo de nuevos productos requiere que los fabricantes consideren ciertas exigencias en cuanto a la utilización de grasas, como la cantidad diaria recomendada (CDR) [3], el cumplimiento de las reglas sobre información alimentaria facilitada al consumidor y las alegaciones nutricionales, así como las exigencias en materia de calidad y de seguridad alimentaria.

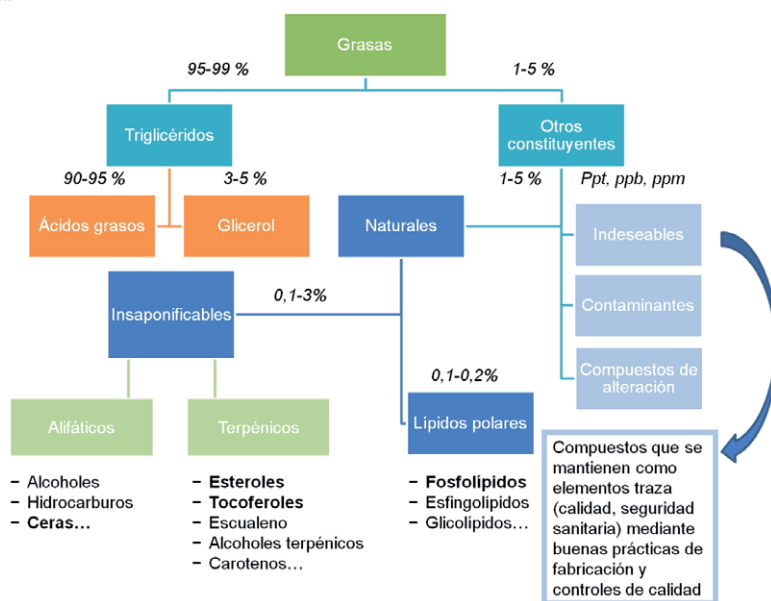


Figura 1: Composición de las grasas e importancia de los principales tipos de compuestos

1.2 LOS PRINCIPALES ALIMENTOS QUE APORTAN LÍPIDOS A LA DIETA

Una materia grasa (aceite o grasa) se compone de una gran variedad de componentes (figura 1). Los triglicéridos son mayoritarios (95-99 %) y están formados por glicerol (3-5 %) y ácidos grasos (90-95 %). Otros componentes presentes de forma natural se encuentran en menor cantidad y son lípidos de carácter polar, como los fosfolípidos (0,1-0,2 %), y los componentes insaponificables (0,1-3 %) como, por ejemplo, tocoferoles y tocotrienoles, carotenoides, escualenos, etc.

Las grasas, particularmente las de origen vegetal (aceites, mantequillas vegetales), se clasifican en diferentes familias [4], según su composición en ácidos grasos. Se destacan 4 familias [1]:

- familia oleica, en la que el ácido graso principal, el ácido oleico (C18:1), representante de los ácidos grasos monoinsaturados, es mayoritario. Pertenecen a este grupo el aceite de oliva, de cacahuete, de avellana, de girasol y de colza;
- familia linoleica, en la que el ácido graso C18:2 omega-6, ácido graso poliinsaturado, es mayoritario. Pertenecen a este grupo el aceite de soja, de girasol, de germen de maíz y de semilla de uva;
- familia α -linolénica, en la que el ácido graso C18:3 omega-3 está presente en cantidades significativas. Pertenecen a este grupo el aceite de colza, de soja, de nuez y de linaza;
- familia de las grasas ricas en ácidos grasos saturados, con sus principales representantes (C12:0, C16:0, C18:0). Pertenecen a este grupo el aceite de palma, de palmiste y de coco, ricos en ácido láurico (C12:0), la manteca de cacao y, por comparación, la grasa de mantequilla.

Un estudio de consumo (INCA 2) [5] realizado por la Agencia Nacional Francesa de Seguridad Alimentaria (ANSES) en 2006-2007 muestra que los aportes lipídicos en niños de 3 a 17 años son de media de 75 g/día y de 89 g/día en adultos de 18 a 79 años. Su contribución al aporte energético diario varía entre el 37 % y el 40 % según el grupo de edad y género, estando dentro del margen recomendado por la ANSES en el caso de los adultos para un aporte energético cercano a 2.000 kcal.

Sin embargo, hay que subrayar que la proporción entre los distintos ácidos grasos observada en este estudio todavía queda lejos de la CDR. De hecho, el aporte de ácidos grasos saturados es significativamente más alto que el establecido en la CDR (un 45 % frente al 25 % recomendado), mientras que el aporte de ácidos grasos monoinsaturados es inferior a la CDR (un 39 % frente al 60 % recomendado).

Los datos del estudio INCA 2 indican que los principales grupos de alimentos que aportan grasa en la dieta de los adultos son los aceites (11,9 %), los quesos (9,8 %), las mantequillas (9,4 %), los embutidos (7,7 %) y la bollería y los pasteles (6,7 %). Estos cinco grupos son fuente del 45,5 % de la grasa total ingerida. Les siguen de cerca las carnes, los platos preparados, los condimentos y las salsas. Las grasas «visibles» —es decir, sin incluir las que se utilizan como ingrediente de una receta (por ejemplo, la mantequilla de los pasteles) o como componente de un alimento complejo (por ejemplo, aceite de freír) pero sí las mantequillas, aceites, margarinas, salsas y condimentos— aportan el 28 % de la grasa total. El conjunto «carne, aves, embutidos y despojos» aporta el 17 %; los productos lácteos (leche, queso y refrigerados) alrededor del 14 % y la pastelería y bollería, el 11 % [6].

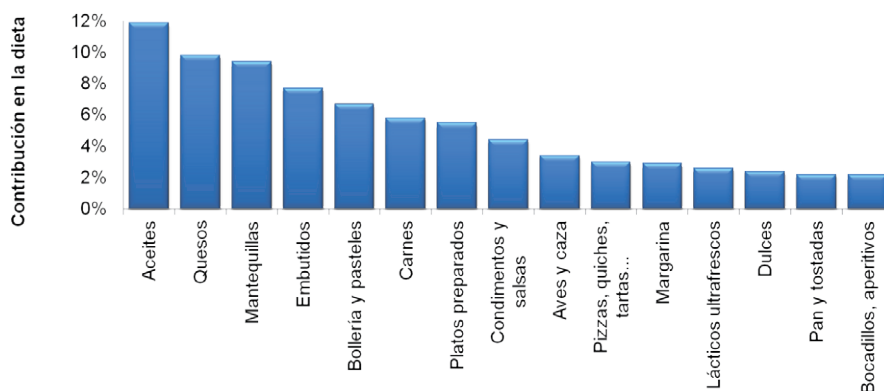


Figura 2: Contribución de los alimentos a los lípidos totales (%) según INCA 2—adultos



En la dieta actual, los aportes en ácidos grasos saturados son significativamente más altos que la cantidad diaria recomendada, a diferencia de los monoinsaturados, que son inferiores.



1.3 PAPEL DE LA MATERIA GRASA

Los aceites y las grasas «visibles» utilizados como condimento (aceite, salsas frías tipo mayonesa, etc.), las grasas para untar (margarinas, mantequillas, etc.), las utilizadas para freír, las grasas «ocultas» en la composición de los alimentos (productos cárnicos, lácteos, frutos secos, etc.) o en las recetas de los productos industriales tienen diferentes funciones biológicas y tecnológicas.

1.3.1 Función biológica e interés nutricional

Los lípidos tienen cuatro funciones biológicas principales:

- **Fuente y reserva de energía:** 1 g de lípidos aporta 9 kcal. El tejido adiposo, constituido por lípidos, es una forma de almacenamiento de energía. Entre los ácidos grasos, son principalmente los saturados los que aseguran este aporte energético.
- **Función estructural:** las membranas que envuelven cada una de nuestras células son ricas en lípidos (fosfolípidos).
- **Aporte y vehículo de las vitaminas liposolubles:** la mantequilla, la leche, los huevos, el hígado de pescado y sus aceites contienen importantes cantidades de vitamina A y D. Los aceites vegetales constituyen la principal fuente de vitamina E.
- **Precusores de moléculas con alta actividad biológica:** las vías metabólicas conducen a la formación de compuestos que desempeñan un papel importante en las funciones vitales como la coagulación de la sangre (agregación plaquetaria), la función renal, los procesos inflamatorios e inmunitarios.

Entre las distintas grasas, el ácido linoleico (omega-6) y el ácido α -linolénico (omega-3) son indispensables debido a su función estructural y molecular. Además, el hombre es incapaz de sintetizarlos, por lo que deben ser aportados en cantidad suficiente en la dieta. Así, los ácidos grasos omega-6 (el ácido linoleico y derivados metabólicos de cadenas más largas y más saturadas, que juntas constituyen lo que se conoce como la serie omega-6) tienen una función estructural en las membranas celulares (como barrera en la epidermis) y una función reguladora del colesterol.

Entre los ácidos grasos omega-3 (el ácido α -linolénico y sus derivados metabólicos de cadenas más largas y más insaturadas, que juntas constituyen la denominada serie omega-3), el DHA (ácido docosahexaenoico) desempeña una función estructural importante como componente mayoritario de los fosfolípidos de las membranas y las células nerviosas, y el EPA (ácido eicosapentaenoico) da origen a un mediador químico oxigenado implicado en las reacciones inflamatorias. Los omega-3 intervienen especialmente en la función de antiagregación plaquetaria (dentro de la coagulación de la sangre).

1.3.2 Funciones tecnológicas para la industria agroalimentaria

La diversidad de oleaginosas existente es fuente de una gran variedad de grasas para el sector agroalimentario. Sin embargo, el 90 % de la producción mundial utiliza tan sólo una decena de aceites (palma y derivados, soja, colza, girasol, algodón, cacahuete y oliva). Las empresas agroalimentarias los seleccionan según las funcionalidades perseguidas, las cuales pueden ser diversas y darse simultáneamente dependiendo del tipo de la grasa.

Las grasas son ampliamente utilizadas en la industria agroalimentaria para la elaboración de numerosos productos (galletas, platos cocinados, aperitivos, chocolates, etc.). Entre sus funciones se destacan:

- **función organoléptica/sensorial:** aportación de olor y sabor/flavor (sabor de origen o como apoyo o potenciador de aromas lipófilos y liposolubles), sensación en boca, palatabilidad y «sabor graso» o aspecto visual. Por ejemplo, la materia grasa aporta el efecto «glaseado»

(brillo de las salsas, en las verduras rebozadas, etc.) [7];

- **conductor de calor:** fluido caloportador eficaz (aplicación para freír a 180 °C);
- **función reológica** (proporciona fluidez, consistencia y plasticidad) **y de texturizado** (grasa en estado puro o transformada por fraccionamiento, interesterificación o hidrogenación). Algunos ejemplos de los efectos causados por esta función son [7]:
 - efecto de plasticidad: algunas grasas sólidas no se funden hasta una cierta temperatura (>30 °C); éstas pueden ser transformadas por interesterificación (reordenación de los ácidos grasos en el glicerol) para modificar su punto de fusión (ejemplo: quesos para untar en frío);
 - efecto «de fragmentación»: la textura quebradiza de ciertos pasteles o galletas se debe a la capa de materia grasa que recubre las partículas de harina, impidiendo que absorba el agua;
 - efecto copos: cuando los pasteles y galletas forman copos, la materia grasa ayuda a separar las capas de gluten y almidón formadas en la masa; cuando la materia grasa se funde durante la cocción se forman unos orificios de ventilación por donde se evapora el agua, lo que hace que se separen las distintas capas de la masa;
 - efecto sobre la retención de agua: la materia grasa contribuye a la conservación de la humedad de un producto (impacto sobre la conservación y la vida útil del producto);
 - esponjosidad: la textura mullida de pasteles o mousses se obtiene al mezclar grasa y azúcar, que atrapa el aire en burbujas;
- **desarrollo de emulsiones**, relativas a las propiedades tensioactivas de los lípidos anfífilos (fosfolípidos, glicéridos parciales, etc.).

Estructura de las grasas y sus propiedades tecnológicas [1]

La grasa es un término genérico que se utiliza para designar varias clases de lípidos, aunque muchas veces se refiere a acilglicéridos, ésteres en los que uno, dos o tres ácidos grasos se unen a una molécula de glicerina, formando monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos, respectivamente. Se distinguen de otros lípidos por su estructura química y sus propiedades físicas. Los ácidos grasos se distinguen por la longitud de la cadena (número de átomos de carbono), el número de enlaces dobles (ninguno en los ácidos grasos saturados, uno en los ácidos grasos monoinsaturados y dos o más en los ácidos grasos poliinsaturados), la posición en la cadena hidrocarbonada y la configuración espacial (o geometría) de estas insaturaciones (isómeros *cis*, *trans*).

Las principales propiedades de los ácidos grasos están relacionadas con su nivel de **insaturación**. Así, cuanto más elevada es la insaturación, más disminuye el punto de fusión (son más líquidos).

La **estructura** de los triglicéridos en cuanto a la naturaleza y posición de los ácidos grasos sobre el glicerol constituye la composición real de las grasas y condiciona sus propiedades físicas (fusión, solidificación) y reológicas, químicas y nutricionales.

La fusión y la solidificación por cristalización en formas cristalinas distintas y variables (polimorfismo) influyen directamente sobre las propiedades reológicas de la grasa. El estado cristalino o semicristalino y la temperatura de almacenaje o de utilización de la grasa incorporada a muchos productos alimenticios condicionan las propiedades reológicas y la textura de los productos elaborados, en función de si esta grasa está en fase continua o dispersa [8].

La estabilidad oxidativa depende en primer lugar de la composición en ácidos grasos, y en segundo lugar de la estructura del triglicérido. La sensibilidad con respecto a la oxidación está directamente relacionada con el número de insaturaciones. Los ácidos grasos poliinsaturados son del orden de 100 veces más sensibles a la oxidación que los ácidos grasos monoinsaturados. La presencia de componentes antioxidantes como los tocoferoles limita en cierto grado la oxidación de la grasa.



Las funciones
y propiedades
tecnológicas de la grasa
están relacionadas
con su composición y
estructura molecular.



2. VÍAS DE INNOVACIÓN

2.1 REDUCCIÓN DE GRASA

2.1.1 Definición

La industria agroalimentaria, acusada en algunas ocasiones de ser corresponsable del incremento de ciertas patologías relacionadas con la alimentación, como la obesidad, por poner a disposición de los consumidores productos con un elevado contenido de grasa, ha apostado desde hace algunos años por el desarrollo de productos «ligeros». Para los consumidores, el interés por los productos «ligeros» no sólo responde a la voluntad de adelgazar, sino también al placer, al bienestar y a la salud, relacionados con el consumo de estos productos formulados con un menor contenido de grasa. Así, después de la era de los productos *light* (en grasa), en los que se reducía su contenido energético, ahora se tiende a la era del adelgazamiento activo, el cual no sólo consiste en reducir la ingesta de calorías, sino también a que los alimentos tengan cierto efecto en el metabolismo [9]. El mercado de los productos lácteos fue el primero en promocionar estos productos [10]. En cuanto a la normativa, los productos ligeros/*light* deben cumplir las mismas condiciones que las establecidas para el término «reducido en» y la declaración debe estar acompañada por una indicación de la característica o características que hacen que el alimento sea *light* o ligero [24]. Solamente está autorizada la alegación nutricional «reducido en (nombre del nutriente)» si hay una reducción mínima del 30 % en comparación a un producto similar.

2.1.2 Necesidades tecnológicas

En general, y según la naturaleza de los productos finales, los requisitos a los cuales debe responder la formulación de la (o de las) grasa que se incorpora en un alimento son:

- 1 facilidad de aprovisionamiento (disponibilidad y precio regular);
- 2 funcionalidad (papel en la receta);
- 3 buen comportamiento durante el proceso de fabricación (maquinabilidad y resistencia al proceso);
- 4 contribución positiva a la calidad del producto acabado en el plano nutricional, organoléptico/sensorial y de su estabilidad en la conservación.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta sobre la reducción de grasa en alimentos son los reológicos (textura) y el gusto/flavor. Además de estas limitaciones, la reducción de la grasa en las formulaciones de los alimentos debe tener en cuenta las regulaciones relacionadas con el producto desarrollado. Por ejemplo, para los quesos, la denominación *queso* está reservada al producto fermentado o no, madurado o no, obtenido a partir de materias exclusivamente de origen lácteo y cuyo contenido mínimo de materia seca debe ser de 23 gramos por cada 100 gramos de queso.

2.1.3 Soluciones

En el mercado existen sustitutos que permiten una reducción parcial o total de la grasa en ciertos productos alimentarios. Estos sustitutos pueden aportar ciertas funcionalidades a los alimentos, tales como una mejora de su estabilidad, de sus propiedades de textura y de su perfil nutricional (disminución de los ácidos grasos saturados). Entre los sustitutos se pueden citar grasas o *shortenings*.

Estos son algunos ejemplos de posibles sustitutos comerciales utilizados en aplicaciones alimentarias:

AAK

Propone InFat™, una grasa vegetal desarrollada especialmente para la formulación de leche infantil. www.aak.com

DMV

Propone Aerion DP 90, una grasa vegetal no hidrogenada. Esta grasa permite realizar las cremas chantillí y las mousses y, además, se puede utilizar en productos de panadería. www.dmv-international.com

Tate&Lyle

Creamiz, nuevo almidón que permite reducir la presencia de lípidos hasta un 30 % [11].

RESISTAMYL™140, una mezcla de almidones de maíz, concebido para aportar una textura cremosa y untuosa a los productos de panadería. Aporta una buena adherencia a los productos acabados y evita, para satisfacción de los consumidores, que la crema se pegue. Estable a la cocción, ofrece una buena tolerancia al ciclo congelado-descongelado. Fácil de utilizar, no necesita ningún proceso especial y se adapta directamente a las líneas de producción [12]. www.tateandlyle.com

Roquette

Nutriose FB, fibra soluble de trigo, que modula la hidratación de la receta para reemplazar hasta un 50 % de grasa en las galletas. Permite mantener la alegación «fuente de fibras» o «ricas en fibras» [13].

Cosucra Groupe Warcoing SA

Ha desarrollado recetas innovadoras para distintos sectores de la industria alimentaria (productos lácteos, panadería, dulces...) para ayudarles a explorar las oportunidades del mercado de la saciedad. *Fibruline®* y *Fibrulose®* son inulina y oligofructosa extraídas de raíces de achicoria. Bajas en viscosidad, estas fibras solubles pueden utilizarse en elevada cantidad para aumentar la presencia de fibra y provocar sensación de saciedad. Estos dos ingredientes se pueden utilizar para sustituir en parte los azúcares y grasas [14].

ARLA FOODS Ingredientes

PSMD T45, nueva proteína de leche como sustituto de la leche desnatada en polvo en productos cárnicos. Esta proteína ofrece una textura mejorada y permite una reducción sustancial de costes [15]. www.arlafoods.com

2.2 MODIFICACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES DE LA GRASA

2.2.1 Definición

La cantidad diaria recomendada de grasas no responde solamente a la cantidad, sino también a la proporción de ciertos ácidos grasos debido a la importancia del equilibrio de estos aportes. Es, por ejemplo, el caso de los ácidos linoleico (AL) y α -linolénico (ALA), para los cuales se recomienda una relación óptima de aporte próxima a 4.

El consumo real de ácidos grasos poliinsaturados (aporte en ácido linoleico (AL) omega-6) es suficiente, incluso un poco excesivo, mientras que el aporte de α -linolénico omega-3, es claramente insuficiente con una relación AL/ALA alejada de las recomendaciones de



La cantidad diaria recomendada de grasas no responde solamente a la cantidad, sino también a la proporción de ciertos ácidos grasos debido a la importancia del equilibrio de los aportes.



la AFSSA [16]. El desequilibrio en detrimento de ALA permanece, aunque se ha detectado una cierta tendencia al aumento de los aportes diarios en ALA y a la disminución de AL en la dieta que contribuye a limitar el desequilibrio omega-6/omega-3 [17]. Esta tendencia constituye una señal alentadora como respuesta a los esfuerzos realizados para aumentar la oferta de consumo de ALA (aceites ricos en ALA) o productos enriquecidos en ALA.

Es necesario recordar (ver punto 1.2) que los niveles de consumo de ácidos grasos saturados son netamente superiores a los aportes recomendados; la situación se invierte en el caso de los ácidos grasos monoinsaturados.

De estas observaciones se deduce que, para equilibrar la ingesta de ácidos grasos, se debe disminuir la ingesta de saturados, aumentar la de monoinsaturados y optimizar la relación entre los aportes de ácidos grasos poliinsaturados, omega-6 y omega-3 de los alimentos.

Como se ha mencionado anteriormente, para productos bajos en grasas, la tendencia de consumo se orienta cada día más hacia productos saludables, en torno al concepto de *comida sana*. Para cumplir con estas expectativas, los industriales necesitan optimizar la formulación de ciertos productos a través de las grasas que los componen. Mayoritariamente, los objetivos son de orden nutricional (alcanzar un perfil optimizado), pero también pueden orientarse a eliminar una grasa en particular por su percepción negativa por parte de los consumidores. Es, por ejemplo, el caso del aceite de palma, a menudo criticado por su contenido en ácidos grasos saturados y también por las consecuencias del desarrollo de sus plantaciones que ha impactado negativamente en la conversión de grandes áreas de bosques con alto valor de conservación y ha amenazado la biodiversidad de algunos ecosistemas. Así, algunos fabricantes de alimentos han decidido suprimir de sus productos el aceite de palma y reemplazarlo por otros aceites vegetales.

2.2.2 Necesidades tecnológicas

La modificación de las proporciones de determinados ácidos grasos de un producto es a veces un gran desafío. En el caso de la reformulación de un producto naturalmente rico en grasa, las grasas «escondidas», todavía llamadas «de constitución», no pueden ser modificadas. En este caso, las vías de optimización se limitan a añadir otros ácidos grasos.

En el caso de un producto transformado, la selección de las materias grasas no se hace únicamente bajo los criterios de coste o de disponibilidad sino también según sus propiedades y ventajas tecnológicas. Por ejemplo, los aceites vegetales líquidos contienen un 15 % de ácidos grasos saturados y más de un 80 % de ácidos grasos insaturados. Las grasas vegetales, más ricas en ácidos grasos saturados, poseen las propiedades físicas (dureza, consistencia, plasticidad) esenciales e ineludibles en las formulaciones en que la grasa debe ser especialmente fácil de untar o debe ser crujiente. Estas grasas vegetales también ofrecen una elevada resistencia a la oxidación y a los tratamientos térmicos.

Es el caso del aceite de palma, las principales ventajas tecnológicas que presenta relacionadas con su composición son [18,19]:

- como en todos los aceites refinados, su sabor/flavor neutro le permite ser incluido en numerosas recetas;
- su contenido elevado de ácidos grasos saturados le proporciona una buena resistencia a la oxidación y minimiza el riesgo al enranciamiento;
- la consistencia sólida a temperatura ambiente confiere una textura *fondant* y crujiente al producto;
- su estabilidad a la cocción y fritura evita tener que recurrir a la hidrogenación parcial, procedimiento que origina la formación de ácidos grasos trans en el alimento. Es una fuente natural de vitaminas A y E.



La modificación de las proporciones de determinados ácidos grasos de un producto es a veces un gran desafío.



Para algunas aplicaciones alimentarias, este aceite es técnicamente insustituible, especialmente en el caso de las margarinas [20]. De hecho, la presencia o ausencia de aceite de palma en un alimento no es por sí sola un criterio suficiente para determinar su calidad nutricional: debe considerarse el perfil nutricional global.

El ejemplo del aceite de palma evidencia las dificultades que pueden existir para responder a las tendencias puntuales o permanentes, a las expectativas de los consumidores y del mercado, sin perder de vista las exigencias tecnológicas, de seguridad alimentaria, económicas y legales ineludibles durante el desarrollo de un producto.

2.2.3 Soluciones

Las modificaciones para equilibrar las proporciones de determinados ácidos grasos de un alimento dependen de la naturaleza y de las especificaciones del producto.

Las demandas actuales de reformulación se orientan generalmente hacia una optimización del perfil nutricional (fórmula de ácidos grasos optimizada, sustitución total o parcial, disminución o supresión de la grasa) y, a veces, al deseo de asociar una alegación nutricional. Aunque también pueden orientarse a la sustitución de los ingredientes para el desarrollo de un producto ecológico o una innovación en la textura del producto (por ejemplo, realizar una mousse o una emulsión).

Las soluciones que se presentan con mayor regularidad son la sustitución de la grasa (de origen animal o vegetal) por otro aceite o por una mezcla de aceites vegetales. Dependiendo de las exigencias reológicas del producto, se pueden añadir aditivos (texturizantes o emulsionantes).

Es importante insistir, una vez más, que el interés nutricional de una grasa por sí sola o comparada con otras es contrario al espíritu de las recomendaciones nutricionales, las cuales se entienden en el marco de una dieta global y no para cada alimento de forma individual. Si ciertos alimentos se apartan de las recomendaciones (por ejemplo, por exceso de ácidos grasos saturados), los demás componentes de una dieta variada (por ejemplo, los aceites vegetales líquidos ricos en ácidos mono y poliinsaturados) pueden contribuir a reequilibrar los aportes en nutrientes.

3. CASO PRÁCTICO: ENRIQUECIMIENTO EN OMEGA-3 DE UN QUESO DE CABRA

3.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Los productos lácteos se clasifican en diversos tipos, siendo los principales la leche, las leches concentradas envasadas, la leche en polvo, la nata, la mantequilla, el queso, los yogures, los postres lácteos y las grasas lácteas. La selección de la leche así como el proceso de fabricación de estos productos son los que definen las distintas variedades. Los quesos representan un 37 % del total (figura 3) de la utilización de leche.

En Francia, la fabricación de quesos de cabra representa el 10 % (unas 49.479 toneladas) de la producción europea global. Entre las distintas categorías de queso de cabra, la producción de rulos representa la mayor parte, y las principales redes de distribución de este producto son los hipermercados, supermercados y hard discount. Los quesos ecológicos todavía constituyen un nicho de mercado reducido. El consumo de quesos de cabra en hogares franceses representa el 6,4 % del queso consumido. Las familias francesas consumen, de media, 2 kg de queso de cabra al año [21,22].

En el plano nutricional, según el estudio INCA 2 [5], los productos lácteos (leche, queso y lácteos ultra frescos) contribuyen un 17 % del aporte total de grasa en nuestra dieta. Este estudio revela también que los quesos aportan un 7,1 % en ácidos grasos monoinsaturados, un 2,1 % en ácidos grasos poliinsaturados y un 15,5 % de ácidos grasos saturados. Además de su aporte de sal, los quesos aportan una gran cantidad de ácidos grasos saturados, que sería conveniente disminuir según las recomendaciones de las autoridades sanitarias.

Actualmente, la mayor parte de los productos alimenticios destacan sus atributos «saludables», ya sea de forma directa (con una alegación) o inducida, es decir aquella que percibe el consumidor (aceite de oliva). Así pues, los alimentos saludables pueden englobar los productos ligeros o enriquecidos, los alimentos dietéticos, los complementos alimenticios, los productos funcionales (como las margarinas con fitoesteroles), y, además, los productos ecológicos, las frutas y hortalizas, las verduras, etc.

Enmarcado en el presente estudio de investigación, el desarrollo de un queso de cabra enriquecido con omega-3 podría, por tanto, entrar en la categoría de los alimentos funcionales.

Por otro lado, un estudio [25] revela que más del 75 % de las personas entrevistadas tienen la intención de consumir productos funcionales en el futuro. Su elección se centrará particularmente en los productos lácteos (69 %), los cereales (59 %) y las frutas y hortalizas transformadas y enriquecidas (50 %). Cerca de la mitad de los encuestados desearían que los espacios especialmente dedicados a los alimentos funcionales de los supermercados e hipermercados tradicionales estuvieran señalizados con el fin de identificarlos con mayor facilidad. Ésta es una información a tener en cuenta, sabiendo que el 66 % de los franceses compran este tipo de alimentos en los supermercados. Además, añaden que sería preferible reducir la presión comercial y tratar de aumentar la eficacia en cuanto a generar y transferir correctamente esta información por parte de las autoridades sanitarias y de los profesionales de la salud hacia los consumidores.

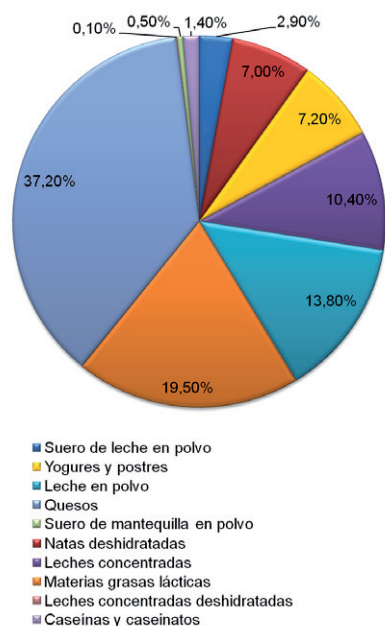


Figura 3: Utilización de leche para la fabricación de productos lácteos (2011)

3.2 OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue desarrollar un queso de cabra ecológico, enriquecido en omega-3, con el fin de poder añadir una alegación nutricional en la etiqueta del producto («Fuente de ácidos grasos omega-3» o «Alto contenido de ácidos grasos omega-3»).



Figura 4: Rulo de queso de cabra ecológico de la empresa

El interés por este enriquecimiento es doble: por una parte responde a una estrategia de marketing (alegación nutricional), y por otra es una estrategia nutricional (aporte de omega-3 y mejora del equilibrio de la proporción de ácidos grasos), lo que aporta un valor añadido real al producto.

3.3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de este producto se siguieron los siguientes pasos:

- 1 **Análisis del mercado:** esta etapa tuvo por objetivo dar a conocer a los profesionales del sector el estado del mercado y las tendencias en productos lácteos y alimentos funcionales con el fin de posicionar mejor el nuevo producto en el mercado.
- 2 **Aspectos legales:** en esta etapa se definió la denominación asociada al nuevo producto. La denominación *queso* no podrá ser utilizada dado que el enriquecimiento se llevará a cabo con ingredientes o grasas cuyo origen no es exclusivamente lácteo. También se revisó la legislación en materia de etiquetado [23] y de las alegaciones sobre aspectos nutricionales y de salud [24].
- 3 **Viabilidad tecnológica:** el enriquecimiento en omega-3 del queso de cabra se realiza añadiendo un aceite o una mezcla de aceites vegetales. Para definir la viabilidad de este nuevo proceso, y teniendo en cuenta que no comporte cambios demasiado grandes o que afecten a los costes, se necesita un estudio del proceso de fabricación actual.
- 4 **Selección del aceite:** la selección del aceite o de la mezcla de aceites es de vital importancia. Para poder utilizar las alegaciones nutricionales, el producto final deberá contener una cantidad mínima de omega-3. Por esta razón, la selección de aceites naturalmente ricos en omega-3 es tan importante como las propiedades sensoriales (aspecto, sabor/flavor) y las propiedades funcionales de estos aceites. Además, según las especificaciones definidas en el proyecto, se impone el desarrollo de un producto totalmente ecológico. Así, se ha realizado un estudio de los aceites ecológicos disponibles en el mercado.
- 5 **Elaboración-formulación del producto:** esta etapa se describe más adelante.
- 6 **Estudio analítico:** el producto tiene una vida útil de 55 días. Esta etapa permite controlar la composición y las proporciones de grasa, además de apreciar el impacto que la incorporación de aceites vegetales tiene sobre la estabilidad oxidativa del producto (mediante prueba de envejecimiento y comparación con un producto de referencia).
- 7 **Test de producción industrial:** las pruebas de industrialización consisten en pasar de la producción a escala de laboratorio (ensayos realizados en ITERG) a la producción industrial y de transferir al lugar de fabricación el modo de incorporación del aceite desarrollado en el laboratorio.

“

En este proyecto se ha desarrollado un queso de cabra ecológico enriquecido con omega-3.

”



Figura A

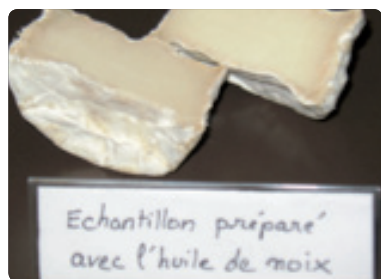


Figura B



Figura C



Figura D

Figura 5: Rulos de queso de cabra elaborados con distintas formulaciones. A) control, B) con aceite de nuez, C) mezcla de aceite de oliva/aceite de nuez y mezcla de aceite de linaza/aceite de hueso de ciruela, D) mezcla de aceite de linaza/aceite de hueso de ciruela

Formulación del producto:

Con el fin de saber cómo «elaborar» queso de cabra, se realizaron los primeros ensayos piloto en el laboratorio. Se elaboraron quesos de cabra a base de leche concentrada no enriquecida con omega-3.

Una vez establecido el proceso, se realizó una sola formulación a base de aceite para estudiar la incorporación del mismo en el proceso de elaboración del queso de cabra. El aceite seleccionado fue aceite de nueces (por sus características gustativas). Como no se encontró ninguna dificultad en este ensayo, en los siguientes se utilizaron aceites distintos (linaza y cáñamo) y una mezcla de aceites (linaza + semilla de ciruela y oliva + nueces). El aceite de oliva y el de semilla de ciruela se seleccionaron únicamente por su sabor/flavor. En cambio, el aceite de linaza y el aceite de cáñamo fueron seleccionados por su contenido en omega-3.

Una vez formulados, los quesos se enviaron a la fábrica para darles forma y acabar su maduración. Después, se enviaron a ITERG para su caracterización sensorial.

Para poder declarar que el producto obtenido es «Fuente de ácidos grasos omega-3», el producto debe contener al menos 0,3 g de ácido α -linolénico por 100 g y por 100 kcal, o al menos 40 mg de la suma de ácido eicosapentanoico y ácido decosahecanoico por 100 g y por 100 kcal. Análogamente, si se quiere declarar «Alto contenido de ácidos grasos omega-3», el producto debe contener al menos 0,6 g de ácido α -linolénico por 100 g y por 100 kcal o al menos 80 mg de la suma de ácido eicosapentanoico y ácido decosahecanoico por 100 g y por 100 kcal.

3.4 RESULTADOS

Para que la empresa pueda posicionar el nuevo producto en el mercado y orientar su estrategia de marketing y comunicación, se revisaron las categorías de productos lácteos presentes en el mercado (leches, cremas, quesos, yogures, postres lácteos, quesos blancos, mantequillas). No se ha encontrado en el mercado ningún tipo de queso de cabra con alegaciones relativas a ácidos grasos omega-3. Las características que se destacan en los quesos de cabra hacen referencia al método tradicional de elaboración y a sus características sensoriales (aspecto del queso, tipo de corteza, u textura y sabor/flavor).

Actualmente, sólo hay un queso en el mercado en cuya etiqueta aparece una alegación referida al contenido en omega-3. Se trata del queso fresco Bala de Omega-3, de la empresa belga CORMAN (grupo BONGRAIN), que contiene las siguientes alegaciones: «Rico en ácidos grasos esenciales omega-3», «(30 g) aportan el 22,5 % de la cantidad diaria de omega-3 recomendada por los nutricionistas». Además, la marca SOIGNON, del grupo EURIAL, anuncia como innovación o tendencia su contenido reducido en sal («Con un 25 % menos de sal») y un queso ligero.

En el mercado se han encontrado varias innovaciones de este producto. Hay innovaciones relativas a su composición, en la que se utilizan la asociación de varios quesos, así como innovaciones en presentación, concretamente en su forma, cantidad de queso y tipo de envase.

En cuanto a los aspectos normativos, el nombre *queso* ya no puede utilizarse si está enriquecido con omega-3. La empresa está esperando un comunicado oficial de la *Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes* sobre la o las denominaciones posibles. Además, en función del contenido de ácidos grasos omega-3, se podría incorporar la alegación nutricional de «fuente de ácidos grasos omega-3», según el Reglamento 116/2010, que modifica el Reglamento 1924/2006.

En cuanto a los ensayos de formulación, los resultados obtenidos se presentan en la figura 5.

Según se ha descrito en el punto 3.3, en primer lugar se elaboró a nivel de laboratorio el queso de cabra ecológico comercializado por la empresa. Esta muestra se utilizó como control (figura 5A) para comparar con el resto de quesos elaborados con nuevas formulaciones.

A continuación, se realizó un ensayo con aceite de nuez (figura 5B). El aspecto de esta muestra es muy similar al de la muestra-control. Sin embargo, su textura en boca es más mantecosa.

Respecto al resto de pruebas de formulación, los quesos elaborados con aceite de cáñamo y una mezcla de oliva y nuez se desestimaron porque presentaron un cierto flavor picante. Los quesos con aceite de nuez presentaron un sabor/flavor intenso. Contrariamente al aceite de nuez, la adición o uso de aceite de linaza apenas cambió el sabor/flavor del producto resultante.

Así pues, se consideraron nuevas formulaciones: a) un queso a base de aceite de linaza y de nuez para atenuar el flavor a nuez, b) un queso a base de aceite de linaza y oliva, c) un queso a base de aceite de colza y de nuez y, finalmente, un queso a base de aceite de nuez pero con una cantidad menor. Después, se analizó la composición en ácidos grasos y el contenido en omega-3, que resultó ser superior al objetivo establecido (2,4 %).

La figura 5C permite comparar el aspecto de la mayoría de estas formulaciones (mezcla de aceite de oliva/aceite de nuez y mezcla de aceite de linaza/aceite de hueso de ciruela) con la muestra-control. La prueba con la mezcla de aceite de linaza/aceite de hueso de ciruela se diferencia de la muestra-control por presentar un color más amarillo. Esto se puede explicar por la susceptibilidad oxidativa de la mezcla, que comporta la modificación de algunas de sus propiedades sensoriales. Los resultados de las pruebas de envejecimiento permitirán justificar las recomendaciones sobre estabilidad oxidativa de las distintas muestras. La figura 5D permite validar la buena reproducibilidad de las pruebas; se presentan dos muestras con un aspecto muy similar elaboradas con la mezcla de aceite de linaza/aceite de hueso de ciruela.

Los resultados del estudio, actualmente en curso, son prometedores ya que la incorporación de un aceite vegetal o una mezcla de aceites en el queso han sido satisfactorias. La valoración sensorial determinará la elección de la formulación final del queso.

4. CONCLUSIONES

El mensaje clave sobre el aporte de grasas en nuestra alimentación es simple: **ni poco, ni demasiado... pero de calidad**. Para alcanzar este objetivo son posibles diferentes estrategias: la reducción del contenido de grasas y/o la modificación de la proporción de ácidos grasos (menor cantidad en saturados en beneficio de los monoinsaturados, así como una relación optimizada entre poliinsaturados omega-6 y omega-3.).

El ejemplo del proyecto de enriquecimiento del queso de cabra con ácidos grasos omega-3 demuestra que la nutrición y la salud se difunden cada vez más en el tejido industrial del sector agroalimentario para responder a las demandas de los consumidores de productos «naturales» con poco nivel de transformación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Morin O, Pages-Xatart-Pares X. Huiles et corps gras végétaux: ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel-Dossier Fonctionnalités des huiles. OCL 2012;19(2):63-72.
- Hebel P, Christophe A, CCAF, CREDOC. Comportements et Consommations Alimentaires en France [Internet]. 2010. Disponible en: <http://www.credoc.fr/souscriptions/CCAF-2010.pdf>
- AFSSA. Avis du 1er mars relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras [Internet]. 1 marzo 2010. Disponible en: <http://www.anses.fr/Documents/NUT-2006sao359.pdf>
- Dubois V, Breton S, Linder M, Fanni J, Parmentier M. Proposition de classement des sources végétales d'acides gras en fonction de leur profil nutritionnel. OCL 2008;15(1):56-75.
- AFSSA. Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA 2) 2006-2007 [Internet]. [citado febrero 2009]. Disponible en: www.anses.fr/Documents/PASER-Ra-INCA2.pdf
- Rauzy C. Les principaux aliments vecteurs de lipides dans l'alimentation-Dossier Fonctionnalité des huiles. OCL 2012;19(2):73-5.
- EUFIC (European Food Information Council). Les graisses [Internet]. 2012 [citado 6 julio 2012]. Disponible en: <http://www.eufic.org/article/fr/page/BARCHIVE/expid/basics-graisses/>
- Cancell M. Impact de la cristallisation des corps gras sur les propriétés de produits finis. OCL 2005;12(5):427-31.
- Terris C. Les produits light : une bonne idée marketing ? [Internet]. 2009 [citado 4 julio 2012]. Disponible en: <http://economimagazine.fr/entreprises/les-produits-light-une-bonne-idee-marketing>
- Mission INNOVAL. Les aliments santé en France – portrait du marché et des tendances. Mission d'étude de collaboration entre la France et le Québec. Marzo 2009.
- RIA (Revue de l'Industrie Agroalimentaire). Creamiz réduit la matière grasse. RIA diciembre 2009;707:45.
- Club PAI Produits alimentaire Intermédiaires [Internet]. Junio 2010;(176). Disponible en: <http://www.clubpai.com/2009/11/05/creamiz-un-nouvel-amidon-pour-reduire-les-matieres-grasses/>
- Boiron A. Substitut de matières grasses : la prime au bénéfice nutritionnel. RIA julio 2004;648:48-50.
- FOODNAVIGATOR Database. Discover Cosucra's new inulin types [Internet]. 1 abril 2008. Disponible en: <http://www.foodnavigator.com/smartlead/view/200160/4/Discover-Cosucra-s-new-inulin-types>
- Club PAI Produits alimentaire Intermédiaires [Internet]. Junio 2009;(164). Disponible en <http://www.casimir.org/pdf/PAI%20K%20juin%2009.pdf>
- AFSSA. Rapport Acides gras de la famille oméga 3 et système cardiovasculaire: intérêt nutritionnel et allégations [Internet]. Junio 2003. Disponible en: <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/054000125/index.shtml>
- Guesnet P, Combe N, Ailhaud G, Alessandri JM. La teneur en acides gras polyinsaturés du lait maternel: un marqueur biologique fiable du niveau de consommation des populations. OCL 2009;16(1):1-3.
- Institut Pasteur de Lille. Huile de palme: rapport nutritionnel. 2011.
- CIRAD. Huile de palme: les idées reçues ont la peau dure... [Internet]. 17 mayo 2010. Disponible en: <http://www.cirad.fr/actualites/toutes-les-actualites/articles/2010/science/huile-de-palme-et-idees-recues>
- Chambre Syndicale de la Margarinerie et des Industries de Corps gras alimentaires. Huile de palme en margarinerie – Messages clés de la CSM [Internet]. 23 noviembre 2010. Disponible en: http://www.fncg.fr/fichiers/20101130100957_10_11_23_Messages_cles_huile_de_palme__position_CSM_finale.pdf
- France Agrimer, ANICAP. Les fromages de chèvre. [Internet]. 2011 [citado 28 junio 2012]. Disponible en: <http://www.fromagesdechèvre.com/fr/tout-savoir/chiffres-cles.html>
- CNIEL (Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière). Rapport L'économie laitière en chiffres - Édition 2012 (fuente Eurostat). 2012.
- Règlement (UE) n. 1169/2011, du 25 octobre, concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires (JOUE L 304) [Internet]. 22 noviembre 2011. Disponible en: http://eur-lex.europa.eu/Result.do?T1=V2&T2=2011&T3=1169&RechType=RECH_consolidated&Submit=Rechercher
- Règlement (CE) n. 1924/2006, du 20 décembre, concernant les allégations nutritionnelles et de santé portant sur les denrées alimentaires [Internet]. Disponible en: http://eur-lex.europa.eu/Result.do?T1=V1&T2=2006&T3=1924&RechType=RECH_consolidated&Submit=Rechercher
- Millet P. Consommateurs et aliments santé : freins et motivations. ACTIF'S magazine, Hors-série Ingrédients-santé, Actif's Guide AZ; mayo 2012:6-7.

CAPÍTULO 3

REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN ALIMENTOS

Fulladosa E¹, Villalba MP², Navarro MT², Viadel B², Gou P¹, Guàrdia MD¹, Arnau, J¹

¹Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). XARTA. Finca Camps i Armet, s/n. 17121. Monells, Girona (Espanya)

²AINIA. Centro Tecnológico. Parque Tecnológico de Paterna. Benjamin Franklin 9-11. Paterna, Comunidad Valenciana (Espanya)

Índice

1. INTRODUCCIÓN	42
1.1 Situación actual.....	42
1.2 Tendencias de mercado en productos con un contenido reducido en sal.....	43
1.3 Funcionalidad de la sal en los alimentos	44
1.4 Estrategias de reducción del contenido de sal en alimentos.....	45
2. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS	46
2.1 Estrategias aplicables en productos cárnicos	46
2.2 Caso práctico: reducción del contenido de sal en jamón curado.....	47
2.2.1 Objetivo.....	47
2.2.2 Desarrollo experimental	47
2.2.3 Resultados	48
3. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN ACEITUNAS	49
3.1 Estrategias aplicables en aceitunas.....	49
3.2 Caso práctico: reducción del contenido de sal en aceitunas.....	49
3.2.1 Objetivo.....	51
3.2.2 Desarrollo experimental	51
3.2.3 Resultados.....	52
4. CONCLUSIONES	53
5. AGRADECIMIENTOS	53
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1. INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACIÓN ACTUAL

Diferentes estudios epidemiológicos han demostrado la relación entre la ingesta de sodio y la hipertensión, lo que a su vez es un factor importante de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y renales [1]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta no superior a 2 g de sodio (5 g de sal) al día. Sin embargo, en la mayoría de países europeos ésta oscila entre 8 y 12 g.

La contribución a la ingesta de sal de distintos grupos de alimentos varía entre los distintos países europeos, lo que refleja las diferencias en su alimentación (figura 1). En todos ellos, la mayor contribución de sal en la dieta se produce a través de la ingesta de cereales y productos de panadería, productos cárnicos, productos lácticos y platos preparados. En la comparación entre países debe tenerse en cuenta que la clasificación de los productos en categorías puede ser distinta (por ejemplo, los platos preparados se consideran una categoría independiente solamente en España, Alemania y Dinamarca). Además, el hecho de que la categoría «Otros» esté entre un 5 % en Dinamarca y un 41 % en Alemania indica que cada país clasifica los productos de forma distinta.

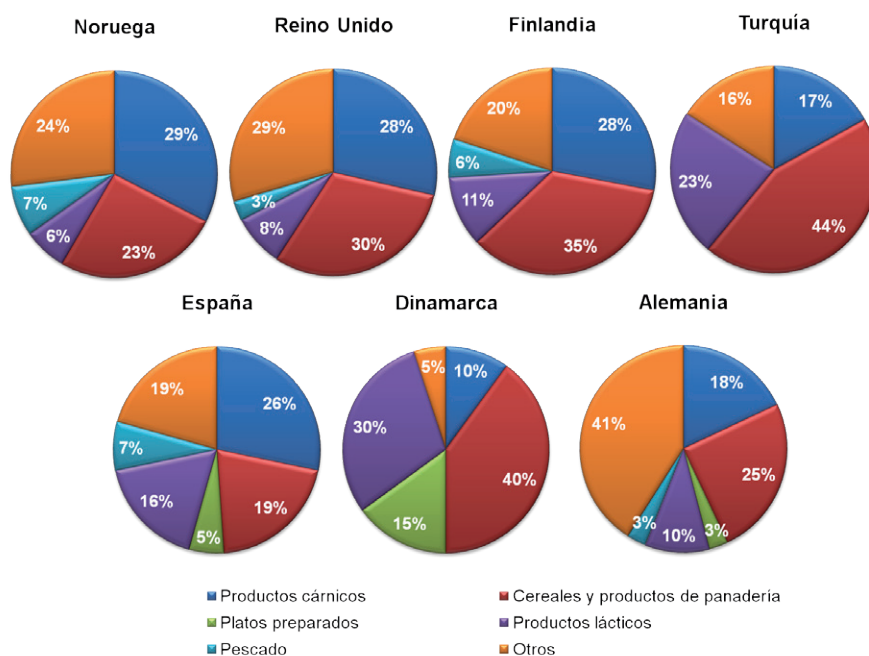


Figura 1: Contribución estimada de distintos grupos de alimentos a la ingesta total de sal en algunos países europeos [2-9]

Los beneficios en términos de salud que pueden alcanzarse disminuyendo el consumo de sal han dado lugar a un gran número de iniciativas en distintos países de la Unión Europea. En este contexto, la industria alimentaria tiene el reto de poner a disposición de los consumidores una gama de productos con un contenido de sal reducido. Sin embargo, la reducción del contenido en sodio/sal resulta compleja en muchos casos debido a las funciones que cumple la sal en los alimentos. Por ello, la investigación en este campo se centra en la búsqueda de soluciones que no comprometan la seguridad alimentaria y las características sensoriales del producto final.

El etiquetado y la publicidad de un número cada vez mayor de alimentos de la UE contienen declaraciones nutricionales. Para garantizar un elevado nivel de protección de los consumidores y facilitar que éstos puedan elegir entre diferentes alimentos, los productos deben tener un etiquetado adecuado. El Reglamento 1924/2006 establece disposiciones específicas relativas al uso de las declaraciones nutricionales y propiedades saludables de los alimentos [10]. En referencia a la información del contenido de sodio/sal en el etiquetado,

en su anexo, el Reglamento 1924/2006 especifica las posibles alegaciones nutricionales y condiciones aplicables, según el grado de reducción. Así pues, «Contenido reducido de sodio/sal» sólo será aplicable si la reducción es de, como mínimo, el 25 % respecto a los valores de contenido de sodio/sal del producto alimenticio estándar. «Bajo» o «muy bajo contenido de sal/sodio» sólo se podrá declarar si el producto no contiene más de 0,12 g o 0,04 g de sodio, o su valor equivalente de sal, por 100 g o por 100 mL de producto, respectivamente. «Sin sodio o sin sal» es una alegación aplicable tan sólo a alimentos que no contengan más de 0,005 g de sodio, o su valor equivalente de sal, por cada 100 g o 100 mL.

1.2 TENDENCIAS DE MERCADO EN PRODUCTOS CON UN CONTENIDO REDUCIDO EN SAL

La tendencia a desarrollar productos con menos sal es fruto de la demanda de los consumidores y de las autoridades sanitarias de cada país para paliar los efectos negativos de la ingesta de sal en la salud. Además, con la reducción del contenido de sodio se consigue modificar el perfil nutricional de los alimentos, permitiendo posicionarlos en el mercado como alimentos con una imagen más «saludable». Por estas razones, cada vez más empresas se interesan por reducir el contenido de sal de sus productos. En la figura 2A se muestra el número de nuevos productos introducidos en el mercado europeo, con la alegación «reducido o bajo en sodio», desde enero de 2009 hasta diciembre de 2011. Los países indicados son los diez países europeos que han lanzado al mercado más productos de este tipo. Por otra parte, hay un aumento del desarrollo de esta tipología de productos saludables en el mismo período (figura 2B).

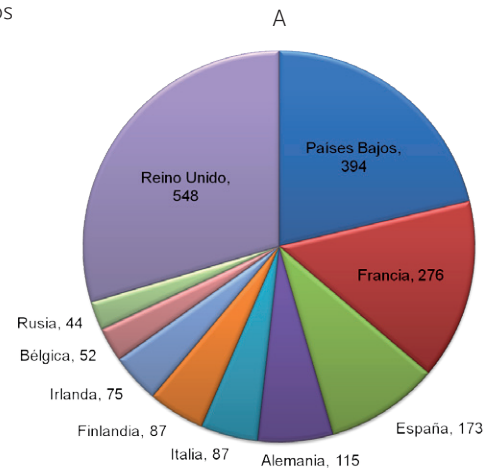
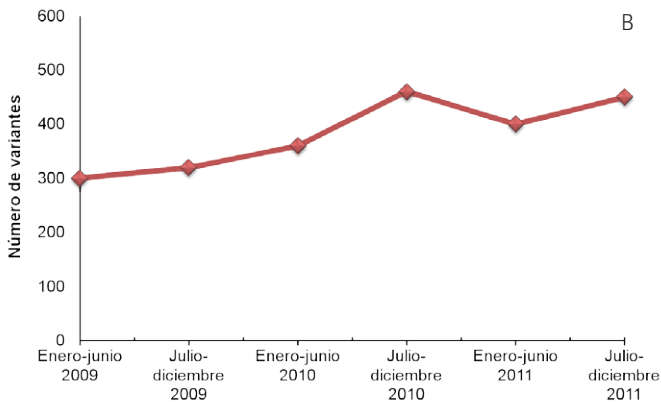


Figura 2: Tipología y evolución de los productos lanzados al mercado con la alegación nutricional «reducido o bajo en sal» en Europa (2009-2011) [11]

Las categorías de productos con mayor grado de innovación en Europa durante 2009-2011 (figura 3) han sido alimentos infantiles, salsas y condimentos, cereales para desayuno, snacks, productos lácteos, productos de panadería y productos procesados. En la figura 4 se muestran algunos ejemplos de estos productos, la información empleada para atraer la atención del consumidor y el país donde se han lanzado.

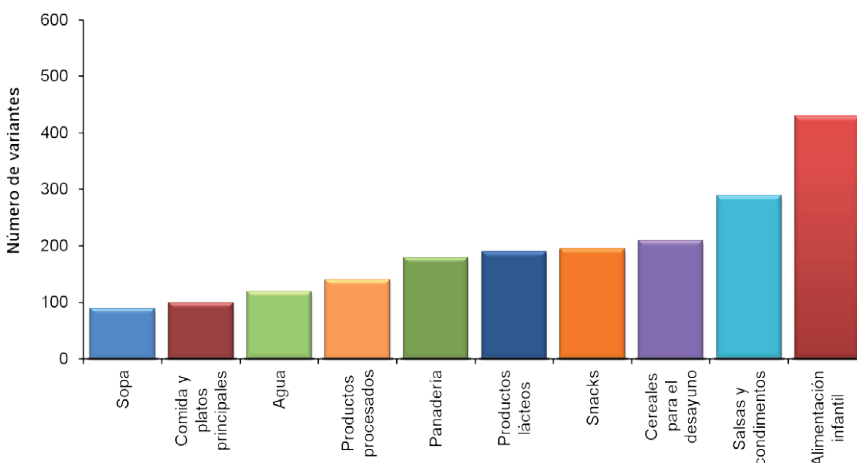


Figura 3: Categorías de productos bajos/reducidos en sal desarrollados en Europa durante el período 2009-2011 [11]

	Información y alegaciones específicas (país de lanzamiento)		Información y alegaciones específicas (país de lanzamiento)
	Tomate frito Sin sal ni azúcares añadidos. Sin gluten, colorantes ni conservantes. (España)		Salsa Salsa de tomate ecológica, contenido de sodio reducido. (Francia)
	Plato preparado Ultracongelado en fritada, bajo contenido en sal. (España)		Sopa de ave Caldo suave de gallina y de verduras con un 25 % menos de sal, bajo en grasa, sin conservantes ni gluten. (España)
	Plato preparado Espagueti a la boloñesa. Bajo contenido en sal. (Francia)		Aceitunas rellenas Contiene un 40 % menos de sal. (España)
	Galletas integrales Sin azúcares añadidos, bajas en sal, enriquecidas en calcio y hierro. Ricas en grasas insaturadas. (España)		Snacks Sin aditivos, conservantes, sin sal añadida y sin grasas hidrogenadas. (Países Bajos)
	Ahumados Bacon natural ahumado, con un 70 % menos de sal, sin gluten. (España)		Jamón cocido Contiene un 25 % menos de sal. (Francia)

Figura 4: Productos innovadores bajos o reducidos en sal (2009-2011) [11]

1.3 FUNCIONALIDAD DE LA SAL EN LOS ALIMENTOS

La sal es un ingrediente ampliamente utilizado en el procesado de los alimentos debido a sus propiedades y su bajo coste. La sal tiene un papel tecnológico importante, siendo en la mayoría de los casos la responsable de que el alimento procesado mantenga las propiedades de textura deseadas. También actúa sobre la estabilización microbiológica del producto [12], actuando como agente bacteriostático debido al descenso de la actividad del agua. Además, potencia el sabor y confiere a los alimentos sabor salado [13,14]. Sin embargo, dependiendo del tipo de alimento, la sal puede desempeñar funciones específicas diferentes y su reducción puede afectar de distinta forma al producto final.

En el caso de los productos de panadería, la sal se utiliza para mejorar el sabor del producto [15]. Su presencia modifica el color de los productos de panificación y la reología de las masas. La miga de los productos de panificación sin sal es más blanquecina, aparecen cambios en su textura y la corteza presenta colores más apagados, mates y claros. El bicarbonato de sodio y los ácidos leudantes son las principales fuentes de sodio en los productos horneados [16].

En los productos cárnicos, la sal ejerce una acción bacteriostática [17], frena la actividad enzimática [18,19], aumenta la capacidad de retención de agua de las proteínas miofibrilares [20] y modifica el color [21], la textura [22,23], el sabor y el aroma [24].

En el queso, al igual que en los productos anteriores, la sal es el principal determinante de la actividad de agua y, por tanto, ejerce un control sobre el crecimiento microbiano, actividad enzimática y sobre los cambios bioquímicos que ocurren durante el proceso de maduración [25]. El queso salado presenta una textura firme, mientras que el queso sin sal se caracteriza por presentar una textura suave y cremosa.

En las conservas de verduras, la sal aumenta la consistencia, el sabor y la conservación [15, 26,27], reduce los cambios de textura de los vegetales debidos a tratamientos térmicos [28] y proporciona las condiciones adecuadas para que se lleve a cabo la fermentación [26,29].

1.4 ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN ALIMENTOS

La reducción o eliminación total de la adición de sal en los alimentos resulta compleja debido a las funciones mencionadas anteriormente. Sin embargo, existen distintas estrategias para conseguir este objetivo, que son más o menos adecuadas dependiendo de las características del producto alimentario.

La primera y más evidente de las modificaciones es la adición de menos NaCl durante la elaboración del producto. Sin embargo, es necesario determinar el contenido mínimo necesario para no modificar la calidad sensorial y microbiológica del producto. La sustitución total o parcial de NaCl por otras sales es una práctica común en la industria alimentaria. Las sales inorgánicas propuestas para sustituir el NaCl son los cloruros de potasio (KCl), de calcio (CaCl₂) y magnesio (MgCl₂). El KCl es el sustituto de NaCl más utilizado debido a que preserva las funcionalidades propias del NaCl. Además, tanto las sales sódicas como las potásicas de lactato se utilizan en la industria alimentaria porque son capaces de reducir la actividad del agua.

Existe también un amplio grupo de compuestos que, por sí solos, no aportan un sabor salado pero que, utilizados en combinación con el NaCl, potencian el sabor salado, e incluso mejoran su palatabilidad [30]; son los llamados potenciadores de sabor. Actúan activando los receptores del sabor en la cavidad bucal y ayudan a compensar la disminución de la percepción del sabor salado provocada por la reducción del contenido de sal del alimento [31]. El potenciador más utilizado es el glutamato monosódico, que en combinación con nucleótidos como el inosinato disódico (E-631) y el guanilato disódico (E-627), aumenta la intensidad del sabor de los alimentos [32]. Otros potenciadores son los péptidos y aminoácidos procedentes de la hidrólisis química de proteínas. También se utilizan especias y hierbas aromáticas para proporcionar sabor y aroma y, a la vez, enmascarar los efectos de la reducción de sal.

La modificación física de la forma de la sal es otra estrategia que no requiere de la participación de otros componentes químicos, que se basa en la percepción del sabor salado y depende del tamaño de los cristales y de su estado cristalino. Un tamaño menor de los cristales se asocia con una percepción más rápida del sabor salado y, por tanto, se necesita menos cantidad para experimentar la misma intensidad de sabor.

Existen otras estrategias que son más específicas de cada producto. En los siguientes apartados se describen algunas de ellas, que son específicas para productos cárnicos y para aceitunas. Además, se muestran dos ejemplos prácticos de cómo reducir el contenido de sal en jamón curado y en aceitunas.

“

La reducción de sal en los alimentos es compleja debido a las funciones tecnológicas que ésta cumple. Sin embargo, existen distintas estrategias para conseguir este objetivo sin disminuir la calidad y/o seguridad alimentaria del producto.

”

2. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS

La sal es un ingrediente esencial para la elaboración de productos cárnicos crudos-curados y cocidos. Varios estudios indican las cantidades orientativas de sal a añadir en distintos grupos de productos cárnicos para mantener una calidad aceptable [33]. En el caso de los embutidos curados, una reducción del contenido de sal de un 2,8 % a un 2,4-2,2 % de NaCl da lugar a un producto con un perfil similar al estándar. Sin embargo, contenidos del 1,8 % NaCl no son suficientes para conferir estabilidad al producto [34]. En productos cocidos picados es suficiente un 1,5-1,7 % y en el caso del jamón cocido se precisa un 1,8-2,0 % [35].

En algunos casos, se pueden alcanzar estas reducciones o incluso reducciones superiores modificando las formulaciones o los procesos, o combinando distintas estrategias, como las que se describen a continuación.

2.1 ESTRATEGIAS APLICABLES EN PRODUCTOS CÁRNICOS

- Selección de la materia prima

Las características de la materia prima son importantes para adaptar y optimizar el proceso de elaboración de cualquier producto cárnico. Así, por ejemplo, existe una relación entre las características de la materia prima (pH, espesor de la grasa subcutánea, contenido de grasa intramuscular y conformación de piezas de jamón) y los parámetros de textura y color del corte del jamón curado [22,36,37]. En el caso del jamón cocido, el pH y la capacidad de retención de agua afectan al color, la textura y el rendimiento. Además, estos parámetros tecnológicos influyen significativamente en la capacidad de absorción de sal y, por tanto, deben considerarse cuando se reduce su contenido. Para la selección de la materia prima en base a estas características son necesarias tecnologías no destructivas que puedan incorporarse en línea a la industria.

Actualmente, existen tecnologías en fase de desarrollo o ya implantadas en el mercado que permiten la clasificación de la materia prima para posteriormente destinarla al proceso/producto más adecuado. Así, por ejemplo, existen tecnologías basadas en la atenuación de rayos X (inspectores de rayos X, tomografía computerizada), en la inducción magnética (Ham Grading System) [38], en la visión artificial combinada con sensores de pH (Meat Quality Scanner) y las basadas en los ultrasonidos de señal [39].

- Modificación de las operaciones de procesado

Los problemas de estabilidad asociados a la reducción del contenido de sal requieren la utilización de técnicas que aceleren el proceso de salado, es decir, que faciliten la absorción y distribución de la sal dentro de la matriz cárnica. El deshuesado de los jamones frescos y su posterior salado en bombo es un ejemplo de estos procesos. Diversos autores han demostrado que se puede obtener un producto reducido en sal, seguro y sin defectos utilizando este tipo de procesos [40].

En el caso de los embutidos crudos curados, el secado de lonchas mediante el sistema Quick Dry Slice (QDS®) puede ayudar a desarrollar productos reducidos en sal ya que el secado se realiza directamente sobre el producto loncheado y no sobre la pieza entera. El sistema QDS® permite obtener productos sin sal añadida microbiológicamente seguros y sensorialmente aceptables mediante la sustitución total del NaCl por lactato potásico y KCl, con un tiempo de producción mucho menor del habitual [41].

- Caracterización del producto durante y al final del proceso de elaboración

Existen diversas tecnologías no destructivas basadas en espectroscopia de infrarrojo [42],

microondas [43] o en rayos X [44] que permiten caracterizar el producto durante el proceso de elaboración y/o al final del mismo. Esta información facilita el desarrollo de productos reducidos en sal o con un contenido de sal establecido. Otras, como la tomografía computerizada, permiten la optimización de los procesos de elaboración del jamón curado [45], ya que la información obtenida en cuanto a contenidos de sal, agua y a_w del interior del producto permite tomar decisiones objetivas sobre el momento más adecuado para incrementar la temperatura sin que se vea afectada su seguridad alimentaria.

2.2 CASO PRÁCTICO: REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN JAMÓN CURADO

El jamón curado es uno de los productos cárnicos más consumidos en España. Los contenidos de sal de este producto son muy variables dependiendo del proceso de elaboración y de la materia prima utilizada. El consumidor no conoce los contenidos de sal del producto en el momento de la compra, lo cual no le permite escoger el producto según sus preferencias o necesidades. Además, una parte importante de los consumidores prefieren un producto con poco sabor salado.

Por todo ello, las empresas que optimizan sus procesos de elaboración para conseguir lotes de jamones más homogéneos y/o con menor contenido en sal tienen ventajas competitivas frente a aquellas que no lo hacen. Sin embargo, la reducción del contenido de sal en jamón curado es especialmente difícil debido a que se trata de un producto de composición muy heterogénea.

2.2.1 Objetivo

El objetivo de esta prueba piloto fue modificar un proceso de elaboración industrial estándar para conseguir lotes de jamones más homogéneos en cuanto a contenidos de sal y con un contenido reducido del 15 % y del 25 % aproximadamente.

2.2.2 Desarrollo experimental

En primer lugar, se realizó una visita a las instalaciones de la empresa seleccionada para el desarrollo de la prueba piloto. El objetivo fue estudiar y caracterizar el proceso de elaboración de la empresa y obtener la información necesaria para identificar el punto de partida y las posibles alternativas viables para la obtención de jamones con un menor contenido en sal.

Una vez evaluadas las posibilidades, se decidió utilizar una tecnología no destructiva, concretamente un inspector de rayos X previamente calibrado (figura 5), para caracterizar el producto durante el proceso. El sistema permite determinar los contenidos de sal del producto durante el proceso de elaboración y caracterizar el producto estándar al final del proceso de salado. A partir de estos valores se establecieron dos niveles de reducción para conseguir productos con un 15 % y un 25 % menos de sal.

El proceso de elaboración estándar de la empresa seleccionada incluyó un masaje de las piezas para eliminar posibles restos de sangre de su interior. Posteriormente, los jamones se cubrieron con sal nitrificada y se almacenaron en contenedores a una temperatura de 3-5 °C durante 11-13 días según el peso de cada pieza. Ésta es la etapa de salado durante la cual se absorbe la sal que actúa como conservante. A continuación, las piezas se lavaron con agua fría y se colgaron en las cámaras de postsalado durante un período de 45 días, durante el cual la sal penetró hacia el interior del jamón. Pasado este tiempo, los jamones se trasladaron a las salas de curación donde, de forma progresiva, la temperatura se aumentó y la humedad relativa se disminuyó, favoreciendo el secado y la maduración del producto.

El proceso de elaboración modificado, con el que se pretendía conseguir lotes de jamones con un contenido de sal más homogéneo y con dos niveles de reducción de sal, empezó igual que el proceso estándar. Sin embargo, después de 4 días de salado, se caracterizó el producto mediante un inspector de rayos X (figura 5), previamente calibrado, que permitió determinar el contenido de sal de los jamones. Si la pieza alcanzaba el contenido de sal establecido se



Figura 5: Inspector de rayos X (X20V G90, Multiscan Technologies, SL, Cocentaina, España) utilizado para la determinación del contenido de sal

“

El objetivo de este estudio fue modificar un proceso de elaboración industrial de jamón curado para conseguir lotes más homogéneos y reducidos en sal.

”

daba por finalizado el proceso de salado mientras que, si era inferior, las piezas se resalaban con la cantidad de sal específica para alcanzar el nivel deseado. El uso de esta tecnología de rayos X permitió someter cada jamón a un proceso de resalado individualizado mediante la adición de la cantidad de sal justa para alcanzar el contenido establecido. Los procesos posteriores de postsalado, secado y maduración fueron idénticos que en el proceso estándar.

Se prepararon tres lotes de jamones de 72 piezas cada uno, procedentes de distintos mataderos, con distintos niveles de engrasamiento y pH. Cada lote fue sometido a un proceso distinto: 72 jamones siguieron un proceso estándar y 144 jamones, un proceso de salado modificado reducido para obtener una reducción del contenido de sal del 15 % en 72 jamones y del 25 % en los restantes. Una vez realizadas las estimaciones de sal después del proceso de salado y resalado (si era necesario), se estimaron los contenidos de sal de los jamones de los tres lotes antes de pasar a la etapa de postsalado. Se evaluó la cantidad y la dispersión de los contenidos de sal en cada uno de los lotes.

2.2.3 Resultados

Los resultados obtenidos indican que la modificación del proceso de elaboración incorporando en primer lugar la predicción del contenido de sal mediante el uso de un equipo de rayos X y en segundo lugar, un salado específico a los jamones que lo precisaban, permitió obtener lotes de jamones más homogéneos y con menor contenido de sal. En la figura 6 se presenta la distribución de jamones en función del contenido de sal para cada uno de los lotes al final de la etapa de salado. Puede observarse como en el proceso estándar hay una variación mayor de los contenidos de sal, presentando el doble de dispersión que los procesos modificados reducidos (tabla 1). En este estudio, se ha conseguido una reducción del 13 % y del 27 % del contenido de sal medio del lote frente al proceso industrial estándar. Por tanto, los jamones del tercer lote se ajustan a la definición de «contenido de sal reducido» establecido en el Reglamento 1924/2006.

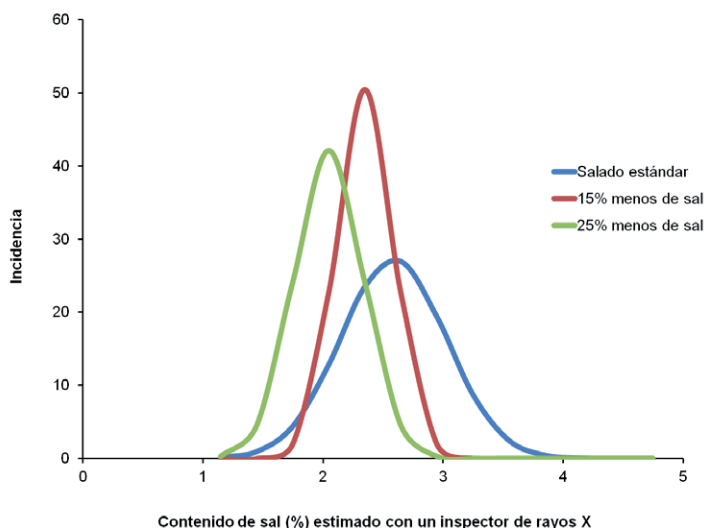


Figura 6: Distribución de los jamones según su contenido de sal para el lote estándar y dos lotes con menor contenido en sal

Tabla 1. Valores de sal global (%) y dispersión de cada uno de los lotes obtenidos al final de la etapa de salado estimados mediante el inspector de rayos X

	Promedio % sal	Desviación estándar	Media
Lote salado estándar	2,6	0,47	5,1
Lote 15 % menos de sal	2,2	0,22	1,3
Lote 25 % menos de sal	1,9	0,28	52,3

Se puede concluir que la homogeneización y reducción de los contenidos de sal en jamón curado es posible mediante el uso de tecnologías no destructivas basadas en rayos X y modificaciones del proceso. Aunque en este estudio se ha demostrado su validez, esta metodología y las modificaciones realizadas deben adaptarse a cada tipo de proceso industrial.

3. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN ACEITUNAS

Las aceitunas, en general, poseen un alto contenido en sal. Como su sabor típico está ligado al sabor salado es importante que las modificaciones que se lleven a cabo para reducir el contenido de sal no impliquen modificaciones sensoriales que pudieran conducir a un rechazo del producto. Por esta razón, es necesario no sólo reducir el contenido en sal sino sustituirlo por otro tipo de sales que contribuyan a aportar el sabor típico del producto y que no confieran defectos, tales como sabores y/o coloraciones extrañas.

La legislación vigente, según el RD 1230/2001, de 8 de noviembre, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y venta de las aceitunas de mesa [46], indica, en cuanto a requisitos de conservación, que la aceituna en aderezo no pasteurizada debe contener una concentración mínima de sal del 5 %, y en el caso de que incluya conservantes o esté refrigerada, un 4 %. Si la aceituna es pasteurizada, no existe ningún requisito en cuanto a la concentración mínima de sal. Aún así, la reducción de sodio en aceitunas pasteurizadas sigue siendo un importante desafío, ya que la investigación se centra en la búsqueda de soluciones que no comprometan la textura y el sabor del producto final.

3.1 ESTRATEGIAS APLICABLES EN ACEITUNAS

El método más usado para la conservación de las aceitunas es el empleo de salmuera (solución de NaCl). El empleo de la sal en aceitunas se debe principalmente a la función de estabilización microbiológica para evitar que puedan crecer microorganismos patógenos como *Clostridium botulinum*, *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* y bacterias alterantes como *Pseudomonas spp* [47].

Entre las diferentes alternativas para reducir el contenido en sal (sustitutos de sal, potenciadores del sabor, y la optimización física del NaCl), aquella que *a priori* puede ofrecer mejores resultados en aceitunas es el empleo de sustitutos de sal en combinación o no con potenciadores del sabor.

El cloruro potásico es el sustituto del cloruro sódico más comúnmente utilizado. El KCl posee propiedades similares al NaCl, aunque su adición en aceitunas está limitada debido a que puede dar a lugar a sabores amargos o metálicos en el producto [48]. Además, se ha observado que mezclas de este compuesto con la sal común (50:50) reducen la capacidad de salar alimentos que posee ésta por sí sola. El empleo de combinaciones de varias sales se presenta como una buena alternativa. El calcio también posee la capacidad de salar; sin embargo, al igual que el potasio, origina sabores «metálicos» o «amargos». El lactato de sodio al 3 % tiene más capacidad de reducción de la actividad del agua que el NaCl al 3 % [47].

En el caso de las aceitunas, en muchos casos se incorporan aditivos potenciadores de sabor salado, como extractos de levaduras, lactatos, glutamatos (principalmente el glutamato monosódico) y aminoácidos (lisina). En el caso de aceitunas rellenas, los esfuerzos por disminuir el contenido de sal sobre el producto final se suelen llevar a cabo principalmente a dos niveles: en la aceituna y en el relleno.

3.2 CASO PRÁCTICO: REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN ACEITUNAS

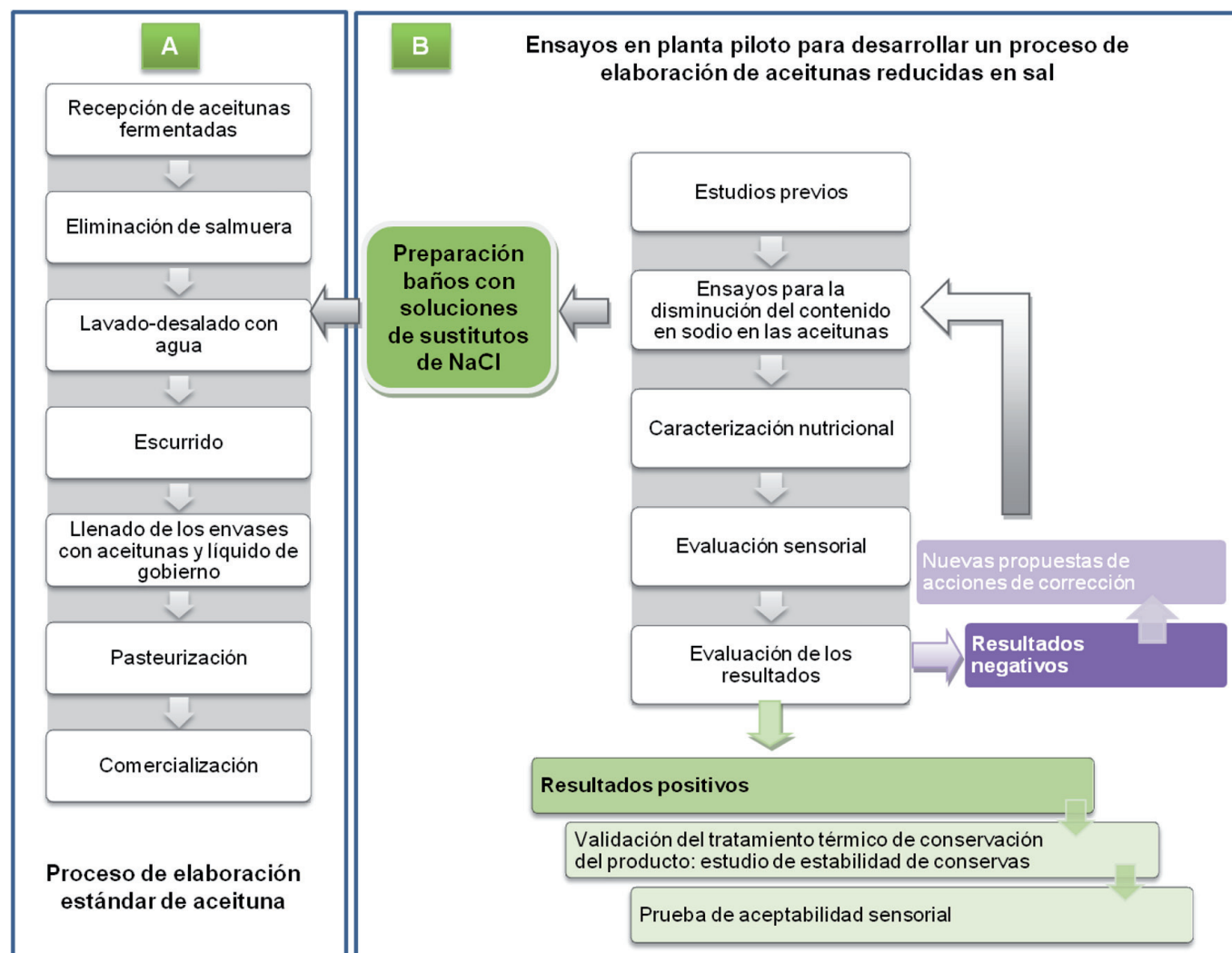
«Las aceitunas de mesa son los frutos de variedades determinadas de olivo cultivado (*Olea europaea sativa*) sanos, cosechados en el estado de madurez apropiado y de calidad tal que, sometidos a las preparaciones adecuadas, proporcionan un producto comestible y de buena conservación. Estas preparaciones pueden, eventualmente, incluir la adición de diversos productos o condimentos de buena calidad alimenticia» [49]. Principalmente, existen dos

tipos de aceitunas de mesa: aceitunas verdes, a menudo relacionadas con las aceitunas españolas, y aceitunas negras. Las aceitunas verdes, estilo español, suponen un 40-50 % del volumen de producción mundial [50]. En este estudio, la materia prima empleada fue la aceituna del tipo manzanilla (*Olea europaea pomiformis*), principal aceituna destinada a la elaboración de aceitunas verdes aderezadas en salmuera estilo español o sevillano.

El proceso de elaboración de aceitunas de mesa «estilo español» consiste en la recolección y clasificación de las aceitunas, y su tratamiento con una solución de NaOH (sosa cáustica-lejías) con el objetivo de eliminar el glucósido amargo, la oleuropeína. Posteriormente, y tras un lavado para eliminar restos de lejía, las aceitunas son colocadas en fermentadores con salmuera. Seguidamente, durante el proceso de fermentación en salmuera, la sal penetra en la pulpa de la aceituna. Dependiendo de la variedad y el grado de madurez de los frutos, la concentración inicial de sal de la aceituna en salmuera varía entre 4-8 % (p/v) [50] y 10-12 % (p/v) [51]. Existen descritas hasta tres fases de fermentación en las que se producen variaciones de pH, desarrollo microbiano y concentración de sal [51].

La empresa que ha colaborado en el proyecto recibe bidones de aceitunas fermentadas en salmuera. Antes de su comercialización, las aceitunas se someten a diversas operaciones (figura 7A). En primer lugar, se elimina la salmuera escurriendo las aceitunas y se lavan con agua para reducir el contenido en sodio de origen. Posteriormente, los frutos se colocan en los recipientes (frascos de vidrio, latas o envases de plástico) y se añade el líquido de gobierno (en el cual se comercializan) con las concentraciones de ácido y sal (NaCl) necesarias para alcanzar valores de equilibrio ($\text{pH} < 3,5$ y $\text{NaCl} > 5$ %).

Figura 7: Proceso resumido de elaboración estándar de aceituna en la empresa seleccionada (A) y ensayos realizados en planta piloto para el desarrollo de un proceso de elaboración de aceitunas reducidas en sal (B)



La aceitunas procesadas poseen un contenido en sal elevado, como muestra la tabla 2, en la que se pueden observar las concentraciones de minerales presentes en la aceituna (por ejemplo el sodio) en la materia prima y después del proceso de elaboración. Debido al elevado contenido en sodio de las aceitunas, las empresas productoras están interesadas en ampliar su oferta ofreciendo un producto reducido en sal.

Mineral (mg/100 g)	Materia prima			Procesada
	GORDAL	MANZANILLA	HOJIBLANCA	HOJIBLANCA
Sodio	17	8	2	1313
Potasio	282	283	284	97
Calcio	19	51	53	86
Magnesio	9	14	18	37
Azufre	5	4	15	30
Fósforo	24	29	46	18
Hierro	1,88	3,9	1,26	0,86
Cobre	0,49	0,42	0,59	0,42
Zinc	0,47	0,53	0,74	0,41
Manganeso	0,08	0,18	0,12	0,12

Tabla 2: Concentración de minerales en aceituna procesada y en materia prima [52]

3.2.1 Objetivo

El objetivo de esta prueba piloto fue disminuir el contenido de sodio en un 25 % en el tipo de aceituna manzanilla con respecto al producto de referencia de la empresa, manteniendo la calidad sensorial y microbiológica.

3.2.2 Desarrollo experimental

En primer lugar, se realizó una visita a las instalaciones de la empresa con el objetivo de estudiar y caracterizar el proceso de elaboración de las aceitunas pasteurizadas y obtener la información necesaria para identificar el punto de partida y las posibles alternativas viables para la obtención de aceitunas con un contenido reducido en sal.

Para la elaboración de las aceitunas reducidas en sal, se utilizaron aceitunas verdes fermentadas que la empresa recibe en bidones en salmuera. La salinidad de las muestras de partida es variable y depende del grado de sal de la salmuera en el momento de la recepción de las aceitunas. La concentración de sal (cloruro sódico) en la aceituna varía entre un 6 y un 8 % según la época del año.

En la figura 7B se muestran las etapas que se han seguido en la prueba piloto para reducir el contenido en sal en un 25 % con respecto al contenido del producto de referencia comercializado por la empresa.

En la etapa de estudios previos, se decidió utilizar soluciones con sustitutos del NaCl para disminuir el contenido en sodio, pero que a la vez aportasen sabor, sin combinarlos con potenciadores del sabor. En caso de aplicarse industrialmente, esto facilitaría a la empresa la preparación de la nueva formulación de los baños en la fase de lavado.

También se caracterizaron muestras de producto sin elaborar y productos comerciales desde un punto de vista químico, microbiológico y sensorial. El objetivo de esta caracterización química fue obtener los valores de referencia y poder así evaluar en ensayos posteriores la eficacia en la incorporación de los sustitutos. El producto comercial contenía

aproximadamente un 1,5 % de sodio. Por tanto, el objetivo del estudio fue obtener aceitunas con un 1,0 % de sodio.

Desde el punto de vista microbiológico las muestras eran seguras, como era de esperar en un producto pasteurizado. En este estudio, al tratarse de aceitunas pasteurizadas, el principal limitante de la reducción de NaCl es la pérdida de textura, además de la pérdida de sabor.

A partir de la caracterización de las aceitunas de referencia, y teniendo en cuenta las variables del proceso, se consideró que los aditivos más adecuados para llevar a cabo la sustitución del sodio eran el cloruro potásico, lactato potásico, lactato sódico y lactato cálcico.

Seguidamente, se llevaron a cabo los ensayos de disminución del contenido de sal. Estos ensayos se realizaron en planta piloto con la muestra procedente de la empresa después de la eliminación de la salmuera (figura 7A). Se realizaron un total de cuatro ensayos (utilizando 5 kg de aceitunas en cada uno de ellos) con varias concentraciones de los diferentes sustitutos utilizados. La concentración de cada sustituto utilizado se fijó entre un 7,5 y un 15 %. Este valor corresponde a los porcentajes de sal que pudieran estar presentes en la salmuera de la aceituna fermentada de origen.

A nivel industrial no es posible realizar sucesivos baños de agua debido a problemas de deformación de la aceituna. Por este motivo se incorporaron los sustitutos durante la fase de lavado-desalado, previa a la adición del líquido de gobierno. Así, después de escurrir las aceitunas de la salmuera, se realizó un lavado-desalado con agua y los sustitutos, en vez de solamente con agua, a temperatura ambiente durante un periodo no superior a 24 horas para evitar la deformación y consecuentemente la pérdida de la calidad sensorial.

Una vez finalizado el tiempo de los baños, las aceitunas se escurrieron y se envasaron en frascos de vidrio, añadiendo el líquido de gobierno en una proporción 60:40 (aceituna:líquido de gobierno). Este líquido de gobierno se formuló con distintos aditivos (ácido láctico, ácido cítrico, sorbato potásico y ácido ascórbico) para disminuir el pH y favorecer su conservación, sin adición de NaCl. Se dejaron reposar todos los envases unos 15 días, para favorecer y asegurar el intercambio de iones hasta equilibrarse, y se evaluaron los resultados. En este estudio se alcanzaron valores de equilibrio de pH entre 3,6 y 4,3 y NaCl < 5 %. Por lo tanto, estas aceitunas deberán ser pasteurizadas antes de su comercialización ya que, según la normativa vigente [46], la aceituna de aderezo no pasteurizada debe contener una concentración mínima de sal del 5 %.

Tras la finalización de cada uno de los ensayos las muestras se caracterizaron nutricionalmente (contenido en sodio y humedad) y también se determinó el pH, comprobando que se mantenía por debajo de 4,5. En base a los resultados obtenidos, se seleccionaron aquellas concentraciones y sustitutos con los que se pudiese alcanzar el porcentaje mínimo de reducción de sal deseado. Además, se realizó una evaluación sensorial mediante un panel interno de AINIA junto con técnicos de la empresa, de las formulaciones seleccionadas como aptas, tanto por contenido de sal como por características sensoriales (aspecto, sabor y olor) de la aceituna.

Para finalizar el proyecto se realizará el tratamiento de pasteurización y posteriormente la validación del producto con un estudio de consumidores (aceptabilidad).

3.2.3 Resultados

Los resultados obtenidos indican que un baño inicial con agua junto con sustitutos del NaCl en disolución es suficiente para reducir el contenido de sodio a los niveles establecidos.

En el momento de la publicación de este libro, la prueba piloto está en curso. No obstante, se puede adelantar que se descarta el empleo de sustitutos de sal al 15 % porque confieren sabor amargo y flavor metálico no característicos del producto, que provocan su rechazo. Los lactatos son los sustitutos de NaCl que han alcanzado mejores resultados tanto por la textura y sabor como por el porcentaje de sodio final cuando se comparan con el producto de referencia de la empresa.

4. CONCLUSIONES

Es posible reducir el contenido de sal en productos procesados, aunque para ello es necesario superar barreras tecnológicas, para que este tipo de producto mejorado nutricionalmente mantenga su calidad sensorial y la seguridad alimentaria. La aplicación de nuevas tecnologías y la adición de sustitutos de sal pueden ayudar a conseguir este objetivo.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el INIA (proyecto RTA2010-00029-CO4-01).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EFSA J. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Sodium. *The EFSA Journal* 2005;209:1-26.
2. AESAN. Plan de reducción del consumo del sal. Jornadas de debate AESAN. 19-20 noviembre 2009; La Granja de San Ildefonso, Segovia, España; 2009.
3. Publications of the National Food Survey. Colchester, Essex, Reino Unido: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food and Office for National Statistics; 2002.
4. Vartiainen E, Peltonen M, Kuulasmaa K, Salomaa V, Uutela A, Pietinen P et al. Publications of the National Public Health Institute B 17/2007. Helsinki, Finlandia: Department of Health Promotion and Chronic Disease Prevention, Background Material for the International Evaluation; 2007.
5. Akyilmaz. Estimated data for salt intake in Turkey based on: <http://www.drpozitif.com/Tansiyon.htm> and http://www.sagligimicinhersey.com/Aktuel_SMutfakH_Detay_18o_Besinlerdeki_Tuz_Oranlari_Ve_Tuzun_Zararlari.html. 2010.
6. Meyer HE. Nordmenns saltinntak og betydning for helsa. *Arena Mat & Helse*; 30 April 2009; Oslo, Noruega.
7. Brüggeman DA. Estimated data for salt intake in Germany based on a number of sources (major source a report from the Max Rubner-Institut, Germany). Copenhagen, Dinamarca: Univ Copenhagen; 2011.
8. Brüggeman DA. Estimated data for salt intake in Denmark based on a presentation from the Danish Meat Association. Copenhagen, Dinamarca: Univ Copenhagen; 2010.
9. Paturi M, Tapanainen H, Reinivuo H, Pietinen P. The National FINDIET 2007 Survey: Publications of the National Public Health Institute B 23/2008. Helsinki, Finlandia; 2008.
10. Reglamento CE 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables de los alimentos. p. 9-25.
11. Mintel. GNPD: Global New Products Database [Internet]. 2009-2011. Disponible en: www.mintel.com/gnpd
12. Kurlansky M. *Salt: A World History*. Nueva York, EEUU: Penguin Books; 2003.
13. Aristoy MC, Toldrá F. Isolation of flavor peptides from raw pork meat and dry-cured ham. En: George C, editor. *Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence*, Proceedings of the 8th International Flavor Conference: Elsevier; 1995. p. 1323-44.
14. Kilcast D, Ridder C. Sensory issues in reducing salt in food products. En: Kilcast D, Angus F, editors. *Reducing salt in foods: practical strategies*. Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing; 2007. p. 202-20.
15. Van der Veer O. The human intake of salt and the development of low-sodium and no-salt-added processed food and salt substitutes: A literature review. Wageningen, Países Bajos: Wageningen Univ of Agriculture, Dept. of Human Nutrition; 1985.
16. Reichenbach K, Singer R. Jungbunzlauer is rising to the task of supplying natural leavening agents. *Food Manufacture - Food Ingredients, Health & Nutrition Supplement*. 23 septiembre 2008.
17. Lenovich LM. Survival and death in microorganisms as influenced by aw. En: Rockland LB, Beuchat LR, editors. *Water Activity: Theory and Applications to Food*. 1st ed. Nueva York: Marcel Dekker Inc.; 1987. p. 119-36.
18. Toldrá F. *Dry-cured meat products*. Trumbull, EEUU: Food Nutrition Press, Inc.; 2002.
19. Martín L, Córdoba JJ, Antequera T, Timón ML, Ventanas J. Effects of salt and temperature on proteolysis during ripening of Iberian ham. *Meat Sci* 1998;49(2):145-53.
20. Xiong YL. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. *Food Res Int* 2005;38(3):281-7.
21. Fernández-López J, Sayas-Barberá E, Pérez-Alvarez JA, Aranda-Catalá V. Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat. *Color Res Appl* 2004;29(1):67-74.
22. Gou P, Morales R, Serra X, Guardia MD, Arnau J. Effect of a 10-day ageing at 30 degrees C on the texture of dry-cured hams processed at temperatures up to 18 degrees C in relation to raw meat pH and salting time. *Meat Sci* 2008;80(4):1333-39.
23. Parolari G. Taste quality of Italian raw ham in a free-choice profile study. *Food Qual Prefer* 1994;5(1-2):129-33.
24. Wang J, Jin G, Zhang W, Ahn DU, Zhang J. Effect of curing salt content on lipid oxidation and volatile flavour compounds of dry-cured turkey ham. *LWT Food Sci Technol* 2012;48:102-6.
25. Guinee TP, Fox PF. Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. En: Fox PF PLHM, Cogan TM, Guinee TP, editores. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Amsterdam: Academic Press; 2004. p. 207-59.
26. Hutton T. Sodium Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. *Brit Food J* 2002;104(2):126-52.
27. Lück E, Jäger M. Conservación química de los alimentos: características, usos, efectos. Zaragoza: Acribia; 2000.
28. Van Buren JP. Effects of Salts Added After Cooking on the Texture of Canned Snap Beans. *J Food Sci* 1984;49(3):910-2.
29. Panagou EZ. Greek dry-salted olives: Monitoring the dry-salting process and subsequent physico-chemical and microbiological profile during storage under different packing conditions at 4 and 20 °C. *LWT Food Sci Technol* 2006;39(4):323-30.
30. Phelps T, Angus F, Clegg S, Kilcast D, Narain C, Ridder C. Sensory issues in salt reduction. *Food*

- Qual Prefer 2006;17(7-8):629-34.
31. Brandsma I. Reducing sodium: A European perspective. *Food Technology Magazine* 2006;60:24-9.
 32. Barylko-Pikielna N, Kostyra E. Sensory interaction of umami substances with model food matrices and its hedonic effect. *Food Qual Prefer* 2007;18(5):751-8.
 33. Petäjä E, Kukkonen E, Puolanne E. Einfluss des Salzgehaltes auf die reifung von rohwurst. *Fleischwirtschaft* 1985;65(2):189-93.
 34. Wirth F. Reducing the common salt content of meat products. *Fleischwirtsch* 1989;69(4):589-93.
 35. Ruusunen M, Puolanne E. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Sci* 2005;70(3):531-41.
 36. Guerrero L, Gou P, Alonso P, Arnau J. Study of the Physicochemical and Sensorial Characteristics of Dry-Cured Hams in Three Pig Genetic Types. *J Sci Food Agr* 1996;70(4):526-30.
 37. García-Rey RM, García-Garrido JA, Quiles-Zafra R, Tapiador J, Luque de Castro MD. Relationship between pH before salting and dry-cured ham quality. *Meat Sci* 2004;67(4):625-32.
 38. Serra X, Fulladosa E. Online total fat prediction in green hams. *Newsletter Q-PorkChains*; 2011:8.
 39. Hopkins D.L. The use of ultrasound to predict fatness in lambs. *Meat Sci*;27:275-81
 40. Fulladosa E, Serra X, Gou P, Arnau J. Effects of potassium lactate and high pressure on transglutaminase restructured dry-cured hams with reduced salt content. *Meat Sci* 2009;82(2):213-8.
 41. Stollewerk K, Jofré A, Comaposada J, Arnau J, Garriga M. The impact of fast drying (QDS process®) and high pressure on food safety of NaCl-free processed dry fermented sausages. *Innov Food Sci Emerg* 2012;16:89-95.
 42. Colléll C, Gou P, Arnau J, Comaposada J. Non-destructive estimation of moisture, water activity and NaCl at ham surface during resting and drying using NIR spectroscopy. *Food Chem* 2011;129(2):601-7.
 43. Fulladosa E, Durán-Montgé P, Serra X, Picouet PA, Schimmer O, Gou P. Estimation of dry-cured ham composition using dielectric Time domain reflectometry. *Meat Sci* 2013; 93(4): 873-9.
 44. Fulladosa E, Serra X, Muñoz I, Arnau A, Gou P. X-rays to determine salt content in hams during salting procedure. *Meat Sci* [submitted] 2013.
 45. Santos-Garces E, Muñoz I, Gou P, Sala X, Fulladosa E. Tools for Studying Dry-Cured Ham Processing by Using Computed Tomography. *J Agr Food Chem* 2012;60(1):241-9.
 46. Real Decreto 1230/2001, de 8 de noviembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y venta de las aceitunas de mesa.
 47. Doyle ME, Glass KA. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Compr Rev Food Sci F* 2010;9(1):44-56.
 48. Reddy KA, Marth EH. Reducing the sodium content in foods. *J Food Protect* 1991;54(2):138-50.
 49. IOOC. International Olive Oil Council; 1991.
 50. Parinos CS, Stalikas CD, Giannopoulos TS, Piliadis GA. Chemical and physicochemical profile of wastewaters produced from the different stages of Spanish-style green olives processing. *J Hazard Mater* 2007;145(1-2):339-43.
 51. TDC-OLIVE. Tecnología de la elaboración de aceite de oliva y aceitunas de mesa. VI Programa Macro de la Unión Europea: FOOD-CP-2004-505524. Proyecto de acción específico llamado Creación de una Red de Centros de Difusión Tecnológica para optimizar la Pyme del sector de la aceituna y del aceite de oliva. 2004-2006.
 52. Fernández M, Castro A, Garrido A, González F, Nosti M, Heredia A et al. Biotecnología de la aceituna de mesa. Sevilla: Servicio de Publicaciones del CSIC, Instituto de la Grasa; 1985.

Estrategias innovadoras para desarrollar alimentos más saludables

FOODSME-HOP es un proyecto de cooperación interregional, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional a través del programa SUDOE Interreg IV B.

El proyecto permitirá mejorar la capacidad de innovación y competitividad de las pymes mediante apoyo personalizado y actividades diseñadas a la medida de sus necesidades, así como fomentar la transferencia de tecnología desde las instituciones de I+D a las pymes en el área de los alimentos saludables: la reducción y/o sustitución de grasas, azúcares, sal o conservantes.

Agradecimientos:

