



STRATÉGIES NOVATRICES POUR DÉVELOPPER DES ALIMENTS PLUS SAINS





**STRATÉGIES NOVATRICES
POUR DÉVELOPPER DES
ALIMENTS PLUS SAINS**

FOODSME-HOP TECHNOLOGY BOOK

ÉDITEUR
Jean-David Leao



REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER), par l'intermédiaire du Programme de Coopération Interrégionale de la zone du Sud-ouest européen (Interreg SUDOE IVB), pour le financement du projet FOODSME-HOP (SOE/P1/E299), dont ce livre est issu.

Nous sommes reconnaissants à l'ensemble des partenaires du projet FOODSME-HOP qui ont rendu possible la publication de ce document, ainsi qu'aux entreprises qui ont collaboré aux projets de démonstration.

STRATÉGIES NOVATRICES POUR DÉVELOPPER DES ALIMENTS PLUS SAINS

© 2013 de l'édition d'origine :

Chapitre 1 : IPVC

Chapitre 2 : ITERG

Chapitre 3 : IRTA et AINIA

© 2013 de la traduction Française :

Chapitre 1 / chapitre 3

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

Édité par l'ITERG :

11 rue Monge - Parc Industriel Bersol II

33600 PESSAC

FRANCE

Coordination éditoriale :

blueBOARD

Còrsega 453, 1er 3a

08037 Barcelone

00 34 934 575 832

Correction orthotypographique et de style :

LACONIC SANS SCP

Mise en page :

Concepte Gràfic

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

Dépôt légal : B.8974-2013

Imprimé en Espagne par :

MEDIAactive

INTRODUCTION

La prise de conscience par la population qu'une bonne alimentation, combinée à une activité physique régulière, aide à prévenir les maladies et à améliorer à la fois le bien-être physique et mental [1,2] s'accélère. Une alimentation équilibrée, dont le modèle le plus réputé est celui de la «diète méditerranéenne», permet un fonctionnement physiologique correct de l'organisme et aide à prévenir, voire à diminuer les risques liés à certaines pathologies. Toutefois, une consommation excessive d'aliments très énergétiques, riches en acides gras saturés, pauvres en hydrates de carbone et fibre, ainsi que d'aliments avec une teneur en sodium élevée, peut augmenter l'incidence de certaines maladies, principalement les maladies cardio-vasculaires.

Combiner des habitudes de consommation alimentaire peu saines et un style de vie sédentaire a contribué à augmenter la prévalence de certaines maladies chroniques et troubles liés à l'alimentation (maladies cardio-vasculaires, hypertension, obésité, diabète, ostéoporose, maladies dentaires et certains types de tumeur, entre autres) [3-6]. Normalement, il n'existe pas de relation directe de cause à effet entre ces maladies et l'alimentation. Néanmoins, elle représente un des facteurs qui contribue à augmenter le risque d'apparition et de développement de ces maladies. Selon les estimations, 80 % des cas de maladies cardio-vasculaires, 90 % des cas de diabète type 2 et 33 % des tumeurs pourraient, en théorie, être évités si la population suivait de bonnes règles concernant l'alimentation, la consommation d'alcool, la pratique d'activité physique et le tabagisme [7].

Face à ces évidences, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [7,8], conjointement avec la Commission européenne [9] et les gouvernements des États membres de l'Union européenne, communiquent régulièrement sur le fait que la nutrition et les bonnes habitudes alimentaires sont des facteurs déterminants pour la prévention et l'incidence de ces maladies.

PROMOTION D'UNE ALIMENTATION SAIN

En 2003, l'OMS a établi les plages indicatives de consommation des principaux nutriments et de certains groupes d'aliments, pour garantir le maintien d'un état nutritionnel adéquat [7]. En 2007, la Commission européenne a approuvé le lancement d'un plan d'action pour la mise en œuvre d'une politique d'alimentation et de nutrition [10]. Ce plan d'action tient compte de différents axes de travail et recommandations nutritionnelles, parmi lesquels se trouvent la diminution de la consommation de sel et de la teneur en sel dans les aliments, ainsi que la réduction de la consommation quotidienne d'acides gras saturés et de sucres. Plus récemment, en 2010, la Commission européenne a confirmé son soutien aux axes de travail établis, en constatant l'importance et l'intérêt croissant de ces sujets [11].

Certains pays européens ont déjà commencé à appliquer ces plans, lors de campagnes spécifiques visant à promouvoir la nutrition, les habitudes saines et la prévention de l'obésité. Ces plans impliquent différents acteurs de la société, parmi lesquels il faut souligner les administrations publiques, les experts en la matière, les entreprises du secteur privé, les consommateurs et les représentants de la population en général. Aussi les domaines et les champs d'action et d'influence des stratégies spécifiques sont multiples : la famille, l'environnement scolaire, le monde de l'entreprise et le système de santé. Parmi ces initiatives gouvernementales, nous pouvons citer celle en France du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé, qui, par l'intermédiaire du Conseil Supérieur de la Santé Publique (HCSP), a lancé en 2001 le Programme National de Nutrition et Santé (PNNS) [12]. De la même façon, en Espagne, en 2005, le Ministère de la Santé et de la Consommation, par l'intermédiaire de l'Agence Espagnole de Sécurité Alimentaire et Nutrition (AESAN), a mis en marche la Stratégie pour la Nutrition, l'Activité physique et la Prévention de l'Obésité (Stratégie NAOS) [13] et en janvier 2012, le Ministère de la Santé du Portugal, par l'intermédiaire de la Direction Générale de Santé (DGS), a lancé le Programme National pour la Promotion de l'Alimentation Saine [14]. La Plateforme Contre l'Obésité a également été créée.

Pour mener à bien ces plans et stratégies, la participation active des entreprises agroalimentaires est nécessaire car celles-ci jouent un rôle essentiel : modifier la formulation des produits alimentaires afin de mettre à disposition du consommateur des produits plus sains. Pour ce faire, les entités publiques subventionnent les projets et initiatives qui permettent d'aider les entreprises à développer ces nouveaux produits optimisés du point de vue nutritionnel.

FOODSME-HOP: PROMOTION DE L'INNOVATION DE PRODUITS SAINS PARMIS LES PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES

96 % des entreprises en Europe sont des PME, dont le profil le plus courant est celui de petite ou micro-entreprise. Ces entreprises se trouvent confrontées à de nombreux obstacles pour mettre en œuvre / développer des projets d'innovation et de recherche, ce qui rend plus difficile leur adaptation nécessaire aux changements constants du marché et à la pression de la concurrence. Le Livre Blanc de la Commission européenne sur la croissance, la compétitivité et l'emploi, appelé Plan Delors, qui traçait une stratégie pour le développement de l'Europe vers la fin du XXe siècle, reconnaissait déjà l'importance des PME dans la croissance européenne [15]. Un grand nombre de ces PME possèdent un fort potentiel d'innovation produit, bien que la plupart ne disposent pas de département R&D dédié à l'innovation, de ressources humaines et économiques suffisantes, auxquels s'ajoute une grande méconnaissance des procédés et des possibilités de soutien existantes pour réaliser ce type de projets.

Le projet de coopération interrégionale FOODSME-HOP a été proposé pour répondre à ce besoin : promouvoir le développement de produits plus sains et soutenir l'innovation des PME européennes. Le principal objectif de ce projet, qui a démarré début 2010, était d'offrir aux PME des régions du Sud-ouest européen (espace Sudoe), les opportunités qui existent au niveau des technologies et des procédés innovants, axés sur le marché des produits à valeur santé. A terme, cela doit permettre à ces PME d'accroître leur compétitivité, de répondre à la demande des consommateurs sur ce marché en croissance et aux des autorités sanitaires en matière de prévention de certaines maladies chroniques et troubles liés à l'alimentation.

Ce projet, cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (fonds FEDER), par l'intermédiaire du programme Interreg IVB SUDOE de l'Union européenne, réunit à la fois des PME proactives en innovation et un consortium de centres technologiques des six régions SUDOE (Andalousie, Catalogne, Valence et l'Estrémadure en Espagne, l'Aquitaine en France et le Centre et Nord du Portugal). Ces centres technologiques se consacrent à promouvoir l'innovation et la R&D parmi les PME de chaque région.

Les thèmes autour desquels a été développé le projet ont été la diminution de la teneur en sel et sucre, les alternatives à l'ajout d'additifs et la substitution des matières grasses dans les aliments. Au cours du projet, des mesures ont été prises pour assurer le soutien aux entreprises en matière de gestion de l'innovation. De plus, des démonstrations techniques de développement de produits plus sains ont été réalisées dans quatre entreprises. Pendant l'année 2012, cinq séminaires techniques et d'innovation ont été réalisés dans les différentes régions, afin d'améliorer le transfert de technologie et de connaissances depuis les centres de R&D vers les entreprises et de promouvoir ainsi le développement de ce type de produits.

Les démonstrations techniques ont concerné des essais pilotes effectués dans les entreprises dans lesquelles un nouveau produit a été développé. Concrètement, les démonstrations techniques suivantes ont été réalisées :

- a) Enrichissement en oméga-3 d'un fromage de chèvre, mené à bien par l'Institut des Corps Gras (ITERG) de Pessac (région d'Aquitaine, France) dans l'entreprise Fromagerie La Lemance.
- b) Diminution de la teneur en sel dans le jambon sec, dont s'est chargé l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de Monells (région de Catalogne, Espagne) dans l'entreprise Pernils Llémèna.



Figure 1 : Régions SUDOE qui participent au projet FOODSME-HOP

- c) Diminution de la teneur en sel dans les olives de tables, développée par l'AINIA Centre technologique de Valence (région de Valence, Espagne) dans l'entreprise Olivas Edeta.
- d) Remplacement de conservateurs de synthèse dans les produits carnés secs par l'ajout de bactéries acido-lactiques, dont s'est chargé l'Institut Polytechnique de Viana do Castelo (IPVC) du Portugal (région du Nord) dans l'entreprise Minhofumeiro Enchidos Artesanais.

Ce livre est divisé en trois chapitres dans lesquels sont décrits les stratégies et / ou alternatives pour la diminution ou la substitution de matières grasses, d'additifs et de sel dans les aliments. Les projets de démonstration, cités précédemment, sont également décrits. Nous espérons que les développements et les résultats présentés permettront la promotion de l'innovation et de la R&D auprès des entreprises, et notamment les PME de la région du Sud-ouest européen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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.dgs.pt/?cr=22514>.
15. European Commission. Growth, Competitiveness and Employment. Libro Blanco. Boletín, Suplemento 6/93. Luxemburgo: 1993.

Table des matières générale

CHAPITRE 1

BIOPRÉSERVATION DES ALIMENTS TRADITIONNELS PAR L'AJOUT DE BACTÉRIES ACIDO-LACTIQUES ET LEURS BACTÉRIOCINES 8

CHAPITRE 2

INNOVATIONS ET UTILISATION DE MATIÈRES GRASSES DANS LES PRODUITS ALIMENTAIRES24

CHAPITRE 3

DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES ALIMENTS40

CHAPITRE 1

BIOPRÉSERVATION DES ALIMENTS TRADITIONNELS PAR L'AJOUT DE BACTÉRIES ACIDO-LACTIQUES ET LEURS BACTÉRIOCINES

Jácome SL¹, Todorov S D², Fonseca SC¹, Pinheiro R¹, Guerreiro JS¹, Monteiro V¹, Fernandes P¹, Noronha L³, Almeida G³, Gomes A M³, 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)

Index

1. INTRODUCTION	10
1.1 Produits alimentaires traditionnels et développement rural	10
1.2 Additifs synthétiques conservateurs dans les produits de salaison fumés	10
1.3 Biopréservation des aliments	12
1.3.1 Les Bactéries Acido-Lactiques	13
1.3.2 Méthodologies et exigences dans l'application des Bactéries Acido-Lactiques	15
2. ÉTUDE DE DÉMONSTRATION: SUBSTITUTION D'ADDITIFS SYNTHÉTIQUES PAR DES CULTURES DE BACTÉRIES ACIDO-LACTIQUES DANS UN PRODUIT SALÉ/FUMÉ TRADITIONNEL.....	16
2.1 Définition du Produit	16
2.2 Objectifs.....	17
2.3 Développement Expérimental	18
2.4 Résultats	19
3. CONCLUSIONS.....	21
4. REMERCIEMENTS.....	21
5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	22

1. INTRODUCTION

1.1 PRODUITS ALIMENTAIRES TRADITIONNELS ET DÉVELOPPEMENT RURAL

«
À l'heure où les frontières politiques et économiques se sont estompées, les éléments qui différencient et identifient un aliment deviennent particulièrement importants, aussi bien pour les producteurs que pour les consommateurs.
 »

À l'heure où les frontières politiques et économiques se sont estompées, les éléments qui différencient et identifient un produit sont devenus particulièrement importants, pour les producteurs et les consommateurs. Dans chaque pays, les ressources locales, notamment représentées par les produits alimentaires traditionnels, peuvent avoir un impact économique considérable. Cependant, il est important de créer des schémas de production qui permettent d'exploiter non seulement la diversité et la complémentarité des produits alimentaires traditionnels, mais aussi les savoir-faire qui permettent l'optimisation des marges et des bénéfices des producteurs[1].

La définition de produit traditionnel n'est ni claire, ni facile, et fait l'objet de plusieurs interprétations selon les auteurs [2]. D'après certains, les produits traditionnels sont des produits uniques qui proviennent de matières premières spécifiques et d'un savoir-faire reliés à des techniques de production et de distribution, ainsi qu'une consommation associée à des dénominations de produit local, traditionnel, artisanal ou régional [2]. D'une manière générale, les produits identifiés par leur origine géographique, par le processus de production ou les caractéristiques intrinsèques qui les lient à une coutume, à un savoir-faire ou à une époque et qui les différencient d'autres produits sont également appelés produits traditionnels [3].

Par ailleurs, la tendance croissante à la consommation d'aliments plus sains et la préférence de produits spécifiques et d'origines déterminées, permet une forte revalorisation des produits traditionnels dans les zones de consommation urbaine. Il est ainsi essentiel que les pays du sud-ouest européen qui ont un patrimoine important de produits agricoles et agroalimentaires, parient sur la différenciation de ceux-ci, en augmentant leur valeur, en préservant les coutumes anciennes et les modes de production, afin de les transmettre aux générations futures dans une optique de développement économique durable.[5].

Les viandes de salaison fumées, surtout de porc, ont un énorme impact sur l'économie du Sud-ouest de l'Europe. Il est donc important de développer de nouveaux concepts et technologies qui permettent d'augmenter la valeur commerciale de ces produits avec pour objectif de dynamiser le secteur, sans délaissier la typicité des processus de production, du territoire et des personnes qui y sont associés.

À l'exception de certains pays en voie de développement, où la chaîne du froid n'est pas largement établie, fumer ou sécher un aliment a pour objectif principal, aujourd'hui, de lui apporter des caractéristiques organoleptiques différentes, selon le mode de production, la culture alimentaire ou le territoire où il est fabriqué. Donner au produit salé/fumé un goût caractéristique, qui séduise le consommateur, est aujourd'hui, un des principaux buts de cette industrie traditionnelle. L'effet conservateur de ces techniques est, dans certains cas, minimal, c'est pourquoi l'utilisation d'additifs chimiques pour garantir la sécurité microbiologique peut, ainsi, affecter la sécurité chimique [1].

1.2 ADDITIFS SYNTHÉTIQUES CONSERVATEURS DANS LES PRODUITS DE SALAISON FUMÉS

Les additifs alimentaires sont des substances naturelles ou de synthèses, ajoutées intentionnellement aux aliments, dans un but technologique ou organoleptique, au cours de la production. Les additifs et leurs sous-produits deviennent alors des composants de ces derniers. Ils peuvent avoir, ou pas, une valeur nutritive, mais ne sont ni consommés comme aliments, ni utilisés comme ingrédients. L'utilisation de ces substances est très ancienne. Les égyptiens utilisaient déjà des colorants et des arômes. L'usage du nitrate de potassium et d'épices avec pour objectif de conserver et d'améliorer l'apparence des aliments, remonte

à la Rome antique [6].

L'utilisation de ces substances est régie par une législation spécifique au niveau européen. Pour pouvoir utiliser un additif dans l'industrie alimentaire, ce dernier doit faire partie des listes de l'annexe II du Règlement n° 1129/2011 de la CEE qui complète le Règlement 1333/2008. Ces listes incluent tous les additifs alimentaires autorisés, le cahier des charges, les conditions d'utilisation et les quantités maximales permises.

L'autorisation de mise sur le marché d'un nouvel additif est faite une fois qu'il a été démontré qu'il est inoffensif pour la santé du consommateur. Le Règlement (CE) n° 1331/2008 du Parlement Européen et du Conseil, du 16 décembre 2008, établit une procédure d'autorisation commune aux additifs, enzymes et arômes alimentaires. Par conséquent, quiconque souhaite mettre un additif non autorisé sur le marché ou étendre les conditions d'un additif autorisé doit présenter une demande en conformité avec ce Règlement, ainsi que le guide de l'EFSA correspondant [6].

Certaines conditions environnementales, comme les changements de température, l'oxydation ou l'exposition à la pollution peuvent modifier la composition initiale des aliments. Les additifs alimentaires sont des agents importants, dans la mesure où ils aident à maintenir la qualité et les caractéristiques sensorielles des produits alimentaires, tout en contribuant à leur sécurité sanitaire. Ils permettent également d'augmenter de manière significative la date limite d'utilisation optimale (DLUO) ou la date limite de consommation (DLC) des aliments. Les additifs alimentaires utilisés correctement sont considérés comme ne mettant pas la santé des consommateurs en danger. Cependant, un abus de ces substances, que ce soit par l'utilisation de quantités excessives ou par l'ajout d'additifs non déclarés, non réglementés, pourrait compromettre la sécurité du consommateur.

Dans le cas des viandes salées et fumées, l'industrie a recours à l'utilisation de nitrates de potassium (E-252), pendant le séchage, pour garantir les caractéristiques sensorielles typiques de ces produits de prédominance culturelle, et pour inhiber au cours de la conservation la croissance de microorganismes pathogènes, principalement *Clostridium botulinum* et la formation de sa toxine. La couleur rouge produite vient d'une réaction chimique entre le pigment de la viande, la myoglobine (Mb), et l'ion nitrite (NO₂⁻) résultat lui-même de la transformation de l'ion nitrate (NO₃⁻) sous l'action de certains microorganismes durant le processus de séchage [7]. Cependant, le nitrite de sodium (E-250), normalement utilisé avec le nitrate de potassium, présente un risque pour le consommateur s'il n'est pas utilisé conformément aux conditions d'application du Règlement qui le régit. En effet, il est capable de se lier à la myoglobine du sang de la même façon qu'il s'unit à la myoglobine de la viande, entraînant la formation de méthémoglobine, substance toxique qui ne peut transporter d'oxygène [7]. Un autre risque concerne la formation de substances cancérigènes, les nitrosamines, soit directement dans le produit, soit par le corps lui-même après ingestion. Dans le premier cas, le risque est limité aux produits qui subissent des températures élevées pendant le traitement, tels que le lard salé / fumé ou aux produits qui sont riches en amines nitrosables, comme dans le cas du poisson et de certains produits fermentés. Dans le second cas, les nitrosamines peuvent se former, au niveau de l'estomac, par des réactions entre le NO₂⁻ et les amines secondaires et tertiaires dues à la dégradation de la viande [1].

La quantité initiale de nitrites et/ou de nitrates ajoutée durant le processus n'est pas égale à celle trouvée dans le produit final. En effet, ceux sont des substances assez instables et réactives, ce qui conduit à une diminution importante de leur concentration dans les produits, avant consommation. Pour réduire le risque de formation de nitrosamines, en plus de la diminution importante de l'utilisation de nitrites et de nitrates, que nous défendons, diverses techniques sont utilisées, comme par exemple l'ajout conjoint aux nitrates, d'agents qui bloquent les mécanismes de formation des nitrosamines. Ces agents sont l'acide ascorbique (E-330) et ses dérivés, les tocophérols alpha, gamma et delta (E-306–E-309), particulièrement efficaces respectivement dans les milieux aqueux et gras. Aux États-Unis, il est obligatoire d'ajouter à la fois les nitrates et l'acide ascorbique durant le process. Avec



L'utilisation d'additifs alimentaires est réglementée par une législation de type européenne.



le même objectif, l'Union européenne a imposé l'obligation, lorsque du nitrite de sodium est ajouté, de l'ajout conjoint de chlorure de sodium dans le mélange, afin d'éviter une intoxication aiguë des consommateurs « assidus » de ce type de produits alimentaires [7].

L'usage de sucre comme agent de séchage est également important. Toutefois, les concentrations utilisées de 0,5 à 1,0% ne permettent pas une action conservatrice, mais influent sur le goût, offrant une combinaison de sucré / salé qui adoucit la saveur dérivée des épices tout en masquant parfois le goût amer du nitrite [8]. En plus de cette première fonction, il en existe une seconde qui revêt une importance particulière dans la production de charcuterie sèche. Le sucre est utilisé comme source d'énergie par les bactéries responsables de la réduction des nitrates et permet le développement ultérieur de bactéries acido-lactiques responsables de la diminution du pH, ce qui affecte indirectement le processus de conservation de ces produits [8].

L'ajout de nitrates et de nitrites aux produits carnés secs et/ou fumés est une décision basée sur le rapport risque/bénéfice. D'un côté, il existe le risque de formation de nitrosamines et d'intoxication par une ingestion excessive et de l'autre, le risque de ne pas contrôler la croissance de *Clostridium botulinum* et la formation de la toxine botulique. La réglementation accepte l'utilisation de nitrates et de nitrites en les considérant nécessaires pour assurer la sécurité microbiologique de certains aliments. Cependant, elle impose des limites maximales de concentration de ces composés ainsi que l'utilisation conjointe d'inhibiteurs de formation de nitrosamines. Au Portugal, l'ajout de nitrates et de nitrites n'est pas utilisé dans la formulation de viandes avec l'Appellation d'Origine Protégée ou l'Indication Géographique Protégée. Notre point de vue est que cela doit rester ainsi, mais pour ce faire, il est indispensable d'étudier des technologies alternatives qui augmentent la sécurité microbiologique, en conservant les caractéristiques organoleptiques du produit et son mode de production traditionnel.

1.3 BIOPRÉSERVATION DES ALIMENTS

Durant les dernières décennies, une forte demande de produits naturels a vu le jour et l'intérêt des consommateurs pour les produits traditionnels, sans additifs chimiques, a augmenté. Les nouveaux procédés de fabrication et la demande constante de produits peu transformés nécessitent le développement de nouvelles stratégies visant à prolonger la durée de vie des aliments.

La biopréservation des aliments, grâce à l'ajout de substances naturelles, se présente comme une alternative intéressante pour augmenter la durée de vie du produit, garantir la sécurité microbiologique, diminuer l'usage d'additifs synthétiques, sans modifier les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles des produits périssables.

La biopréservation (non réglementée par la législation européenne) est une technique de conservation alimentaire largement utilisée aux États-Unis, où elle est réglementée par la FDA (Food and Drug Administration), [9].

Les bénéfices liés à l'utilisation de ce type de technologie sont nommés ci-après [9]:

- C'est une solution sûre présentant moins de limitations que les conservateurs chimiques, au vu de la présence de substances naturelle dans les matrices alimentaires;
- Aucune résistance n'est connue et l'impact sur l'environnement est minime, car elles sont rapidement éliminées par la chaîne alimentaire;
- Elles ont un spectre d'action très précis, leur activité est renforcée par le pH et elles ont un effet synergique avec d'autres agents antimicrobiens métaboliques;
- Leur utilisation est compatible avec l'étiquetage de produit biologique, étant donné que la conservation se fait sans produits chimiques ni conservateurs synthétiques.

En cherchant les inconvénients de l'utilisation de cette technologie, nous pouvons citer les suivants [9]:

- L'absence d'une réglementation européenne commune qui la protège et la difficulté à obtenir une autorisation pour son application industrielle;
- L'altération possible des propriétés sensorielles des aliments et les coûts élevés de production et de développement.

1.3.1 Les bactéries acido-lactiques

L'usage de micro-organismes et de leurs produits métaboliques pour la conservation des aliments est très ancien. Les bactéries acido-lactiques ont été utilisées empiriquement et de façon artisanale dans la fermentation du lait, de la viande et des légumes, pour obtenir des produits avec une durée de vie prolongée.

Les bactéries acido-lactiques regroupent un grand nombre de microorganismes Gram-positif, non sporulés, anaérobies, aérotolestants et tolérants aux acides. Elles présentent une morphologie, un métabolisme et une physiologie commune. Elles ont un métabolisme énergétique exclusivement fermentaire, en produisant de l'acide lactique à partir d'hydrates de carbone. Elles incluent les cocci de type: *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* et bacilles de genres *Lactobacillus* et *Carnobacterium* [10].

Les bactéries acido-lactiques sont le groupe le plus abondant de bactéries et sont largement distribuées dans la nature en grande partie, parce qu'elles possèdent la capacité de se développer sur une grande variété de substrats et dans de nombreuses conditions biologiques. Le groupe *Lactobacillus* est le plus important et le plus hétérogène (Figure 1). Les bactéries acido-lactiques ne nécessitent pas d'oxygène pour se développer, elles tolèrent la présence de dioxyde de carbone, de nitrites, de fumée, de concentrations relativement élevées en sels et des valeurs basses de pH.

Les bactéries acido-lactiques font partie de la flore microbienne typique des produits salés / fumés, soit par leur présence naturelle, soit par leur apport comme *starter*. Les bactéries acido-lactiques entrent en concurrence avec d'autres microorganismes pour les nutriments et les habitats. Leur pouvoir vient en grande partie de l'effet antagoniste qu'elles provoquent en générant des substances antimicrobiennes.

Mis à part leur rôle technologique, les bactéries acido-lactiques sont aussi responsables d'apporter aux produits fermentés une série de caractéristiques sensorielles et nutritionnelles, appréciées par le consommateur, telles que la couleur, le goût, la texture, la digestibilité et la qualité nutritionnelle spécifique de ces produits [11,12, 13, 14].

Les bactéries acido-lactiques sont responsables du goût « piquant » de la charcuterie grâce aux petites quantités d'acide acétique, d'acide propionique, d'éthanol, d'acétone, de dioxyde de carbone et d'acide pyruvique produites lors de la fermentation. La quantité et les types de composés formés dépendent du starter appliqué, des hydrates de carbone présents dans le substrat, des sources de protéines de la matrice alimentaire et des additifs utilisés [15].

La diminution du pH est la conséquence de la formation d'acide lactique, qui peut être suffisant, à lui seul, pour s'opposer au développement de nombreux organismes, y compris de *Listeria monocytogenes*. Les acides acétiques et propioniques agissent d'une manière similaire à l'acide lactique. Ces acides organiques jouent un rôle important dans certains aliments fermentés, et il est connu que l'acide acétique a un effet synergique, antimicrobien, en présence d'acide lactique.

Les bactéries lactiques, comme il a déjà été indiqué ci-dessus, sont responsables d'apporter aux produits fermentés une série de caractéristiques chimiques, nutritionnelles et sensorielles uniques, en grande partie grâce aux mécanismes de survie déclenchés en présence d'une flore microbienne concurrentielle. Les exemples de mécanismes de survie



La biopréservation des aliments, grâce à l'ajout de substances naturelles, se présente comme une option intéressante pour augmenter la durée de vie du produit, garantir sa sécurité microbiologique et réduire l'utilisation d'additifs de synthèse, sans modifier les caractéristiques sensorielles.

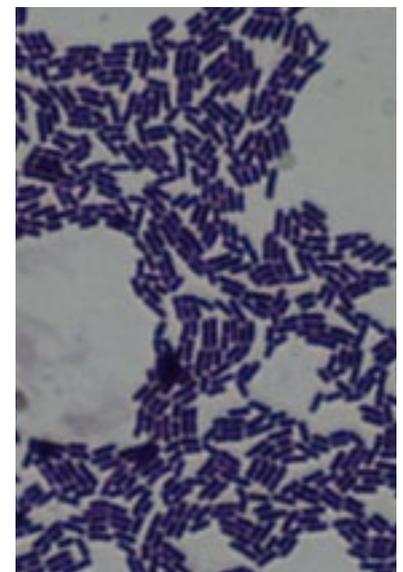


Figure 1 : *Lactobacillus plantarum*
(Microscopie Optique, coloration de Gram, agrandissement 10X100)

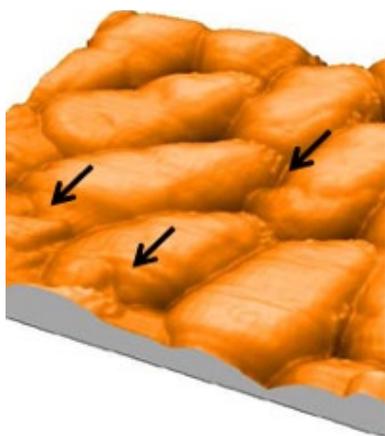


Figure 2 : Visualisation par Microscopie à Force Atomique de la °déformation cellulaire en *L. ivanoviisubsp. ivanovii* ATCC19119 par l'action de la bactériocine ST5Ha [45]

les plus habituels sont la compétition pour l'oxygène, la compétition pour les sites de liaison et la compétition pour la production de substances antagonistes, telles que la diacétyle, le peroxyde d'hydrogène, de l'acétaldéhyde, les composés non protéiques de faible poids moléculaire comme la reutéine, la reutéricycline et l'acide pyroglutamique, et par la production de bactériocines [16,17,18,19,20,21].

Ces dernières années, il y a été constaté un intérêt croissant pour l'utilisation de bactéries acido-lactiques dans la conservation alimentaire. Plusieurs études publiées démontrent la viabilité de ces micro-organismes dans le contrôle de la croissance de micro-organismes pathogènes et de contaminants. Diverses bactéries lactiques comme *Lactobacillus acidophilus* [22], *Lactobacillus gasseri* [23], *Lactobacillus rhamnosus* [24], *Lactobacillus plantarum* [25,26], *Lactobacillus casei* [27], *Lactobacillus paracasei*[28] ont été citées pour leur capacité à inhiber les agents pathogènes. Les interactions ont été étudiées in vitro contre des bactéries entéropathogènes gram-négatives, telles que *Escherichia coli* [23, 27,29], *Salmonella entérica* [28,30,31], *Helicobacter pylori* [32] et *Shigellasonnei* [33]. Par ailleurs, des effets antagonistes des bactéries lactiques ont aussi été décrits face à la croissance d'agents pathogènes gram-positifs, comme c'est le cas de *Bacillus cereus* [34] et de *Listeria monocytogenes* [35].

On sait maintenant que ces organismes unicellulaires sont responsables de la production d'une grande variété de métabolites antimicrobiens, comme le diacétyle (produit de fermentation) ou le peroxyde d'hydrogène, l'acétaldéhyde, les acides organiques, les composés non protéiques de faible poids moléculaire (reutéine, reutéricycline et acide pyroglutamique) et les bactériocines, qui représentent un grand potentiel dans le cadre de la biopréservation des aliments [18,19,20,21]. Ces composés sont synthétisés sur le ribosome et présente un large spectre d'action, en fonction des espèces ciblées.

Durant la dernière décennie, une grande variété de bactériocines a été caractérisée et identifiée (peptides de bactéries acido-lactiques), représentant une avancée considérable pour la recherche en agroalimentaire. Plusieurs études ont montré les capacités antimicrobiennes de divers bactériocines qui ont été jugées comme d'excellents conservateurs, utilisées seuls ou en mélange [20,36,37,38,39, 40, 41,42,43,44]. Sur la Figure 2, on constate l'action bactéricide de la bactériocine ST5Ha de la bactérie acido-lactique *Enterococcusfaecium* ST5Ha, provoquant la lyse et l'effondrement des cellules de *L. ivanoviisubsp. ivanovii* ATCC19119 [45].

Des auteurs comme Ruiz-Moyano et al, [46] ont isolés 363 souches de bactéries acido-lactiques du lomo ibérique, et 30% présentent un fort potentiel technologique pour une utilisation, comme cultures probiotiques capable de croître et de se développer correctement à pH acide et en présence de concentrations significatives de NaCl. Albano et al, [47] ont évalué le potentiel de la bactériocine PA-1 produite par *Pediococcusacidilactici* comme biopréservateur de « l'alheira » (charcuterie avec de la viande de bœuf, de porc et de volailles). Cette bactérie lactique a été capable d'inhiber un ensemble de souches de *Listeria innocua*, durant le processus de production et tout au long de la durée de vie du produit, en diminuant l'agent pathogène à des niveaux de détection inférieurs à 1.5 UFC/g, sans affecter le bon développement de la flore microbienne naturelle, ni le pH, et sans que le produit ne souffre d'altérations organoleptiques perceptibles par un groupe de testeurs qualifiés.

Bien que dans certains pays la bactériocine *pédiocine* soit permise comme conservateur alimentaire, dans l'Union européenne et aux États-Unis l'unique bactériocine permise pour l'incorporation directe dans les aliments est la *nisine*. Découverte en 1928, la *nisine* a reçu le statut GRAS (Generally Regarded As Safe) en 1988, et son utilisation a été approuvée dans les produits alimentaires, par l'US Food and Drug Administration (FDA) [48]. En 1995, l'usage de la *nisine* (E234) a été autorisé dans les aliments, dans l'Union européenne, par la Directive 95/2/EC. Actuellement, son application est régie par le Règlement 1129/2011.

De même que pour la *nisine*, les autres bactériocines étudiées se dégradent rapidement à cause des protéases du tractus gastro-intestinal. C'est pourquoi, le statut de GRAS pourrait s'étendre à d'autres bactériocines largement testées *in vitro* et *in vivo* [49].

1.3.2 Méthodologies et exigences dans l'application des Bactéries Acido-Lactiques

La biopréservation peut être appliquée aux aliments, en particulier aux produits salés et/ou fumés, par 4 méthodes d'ajout [50,51]:

1. Ajout d'une culture pure et viable de bactéries lactiques avec une aptitude avérée à produire des bactériocines. Son succès dépend de la capacité de la culture à croître et à produire ces métabolites dans des conditions environnementales et technologiques spécifiques (température, pH, Aw, additifs et autres). La culture doit être en mesure de rivaliser avec la microflore naturelle, ne doit pas influencer sur les propriétés physico-chimiques et organoleptiques des aliments, ne pas produire de gaz ou d'*exopolysaccharides* pour éviter le gonflement de l'emballage.
2. Ajout de bactéries lactiques mésophiles, permettant ainsi de préserver leur viabilité face à une possible température excessive durant le processus de fabrication. La souche bioprotectrice doit être ajoutée à une concentration initiale connue et dans des conditions de refroidissement spécifiques. Lorsque la température du process est excessive, la souche se développera en compétition avec la bactérie pathogène.
3. Ajout de préparations de bactériocines dans un extrait brut, en liqueur fermentée ou en solutions concentrées obtenues à partir de la croissance des bactéries lactiques pour vérifier leur production dans l'extrait complexe/aliment. Cette technique évite l'utilisation de composés purifiés qui peuvent nécessiter de se référer à la réglementation en vigueur et générer un coût de production plus élevé liée à la purification du composé.
4. Ajout de substances pures antagonistes ou semi-pures, comme les bactériocines. Cette méthode est particulièrement intéressante dans la mesure où il est possible de connaître avec précision la dose ajoutée et donc de fiabiliser le résultat. Cette technique de biopréservation est limitée à la législation existant dans chaque pays, en particulier en ce qui concerne l'ajout d'additifs. Il est important, d'abord, de normaliser la production de la bactériocine jusqu'à ce qu'il soit possible d'en garantir sa reproductibilité et de cette façon, assurer la quantité adéquate, dont l'ajout permettra une inhibition suffisante.

L'application de ce type de technologies oblige indiscutablement à contrôler les variables technologiques, dont dépendent ces cultures. Les deux premières méthodes de biopréservation sont considérées comme des techniques *in situ*, étant donné que tout le processus se réalise de façon autonome dans les aliments. Les deux dernières méthodes sont considérées comme des techniques d'ajout *ex situ*, étant donné que les cultures protectrices sont produites dans des conditions contrôlées et sont ajoutées dans un second temps à la matrice alimentaire. Pour pouvoir mettre en œuvre les techniques *ex situ*, il faut isoler complètement les micro-organismes producteurs de bactériocines, assurer l'existence d'équipement et de moyens de culture spécifiques, garantir l'activité de chaque extrait, déterminer la concentration minimale inhibitoire face aux pathogènes (détermination des courbes de croissance et d'inactivation) et ultérieurement normaliser la technique pour garantir les quantités d'inoculum et l'effet souhaité.



Ces dernières années, un intérêt croissant pour l'utilisation de bactéries acido-lactiques ou de bactériocines d comme procédé de conservation des produits alimentaires a été constaté.



2. ÉTUDE DE DÉMONSTRATION: SUBSTITUTION D'ADDITIFS SYNTHÉTIQUES PAR DES CULTURES DE BACTÉRIES ACIDO-LACTIQUES DANS UN PRODUIT SALÉ/FUMÉ TRADITIONNEL

2.1 DÉFINITION DU PRODUIT

Cette étude est basée sur les résultats préliminaires du projet *Biofumados: Tradição vs Qualidade*.

L'utilisation de cultures souches de départ à la place de fermentations menées par la flore autochtone présente de nombreux avantages. Par exemple, une croissance maîtrisée de l'inoculum, un risque réduit de contamination croisée, une uniformité dans la production d'acide lactique, la limitation de la production de saveurs indésirables, la prévision de la valeur finale du pH et la diminution du risque de développement de bactéries pathogènes. Les autres avantages incluent l'accélération du temps de fermentation, l'augmentation de la productivité et la diminution de produits présentant des défauts de goût et de texture, attribués au développement des bactéries homo-fermentaires.

Ainsi, ce projet vise à produire de la charcuterie et des produits fumés traditionnels de manière plus sécurisée, grâce à l'utilisation de micro-organismes autochtones, isolés de cette même charcuterie et de ses bactériocines. L'utilisation de micro-organismes à haute valeur technologique qui peuvent générer *in situ* des conditions défavorables à la croissance d'agents pathogènes est certainement une ligne novatrice dans le domaine de la charcuterie et des produits fumés traditionnels.

L'objectif est toujours de choisir la méthode la plus appropriée d'ajout de cultures bioprotectrices de départ et de leurs bactériocines dans le process de transformation de charcuterie traditionnelle salée et /ou fumée, par l'intégration directe tant au niveau du produit qu'à celui de l'emballage. La méthode d'ajout choisie sera celle qui démontre avoir le plus de potentiel dans la capacité de préservation et de maintien des caractéristiques organoleptiques de ces produits traditionnels. Pour cette étude, une charcuterie traditionnelle du Nord-ouest du Portugal – l'Alheira a été choisie.

L'Alheira est une charcuterie traditionnelle portugaise, cuite, salée et légèrement fumée. Son origine remonte à la fin du XVe siècle et est associée à la présence de communautés juives dans la région de Tras-os-Montes au nord du Portugal [52]. C'est un produit composé d'un mélange de viande de bœuf, de poulet, de porc, de pain et de condiments. Elle est marron clair et a une forme cylindrique, rappelant un fer à cheval, d'environ 20 à 25 cm de longueur (figure 3). Le boyau ne doit pas présenter de ruptures et être bien unie à la pâte. Les extrémités sont attachées avec un fil en coton [52]. C'est un produit alimentaire qui a besoin d'être recuit avant d'être consommé, ce qui peut être fait par cuisson dans de l'huile ou au four. Le produit a une durée de vie de 60 jours, conservé à une température entre 0 et 5°C et emballé sous atmosphère modifiée (80 % N₂ et 20 % CO₂). Le poids varie entre 150 et 200 grammes. Au niveau sensoriel, il a un léger goût fumé, agréable, soulignant le goût de l'ail, de l'huile et une légère acidité typique.



Figure 3 : Alheira

	Minimum	Maximum	Moyenne	Déviat ion standard
pH	4,5	6,3	5,1	0,5
% NaCl	1,0	1,8	1,3	0,3
% d'humidité	43,3	57,2	52,3	4,3
% de graisse	10,9	29,6	18,4	4,7
% de protéines total	6,9	15,5	11,4	2,8
% d'hydrates de carbone	10,2	20,9	15,2	3,6
Énergie (Kcal/100gr)	220	369	274,4	39,7

Tableau 1 : Minimum, maximum, moyenne et déviation standard de certains paramètres physico-chimiques et nutritionnels de l'alheira. Tableau adapté de *Ferreira et al.* [53]

2.2 OBJECTIFS

Ce projet divisé en 4 parties a pour but de:

1. Développer des études préliminaires et rechercher les brevets dans le domaine des produits carnés salés ou fumés;

Réalisation de l'enquête relative aux informations concernant les brevets existants déjà sur le marché international dans le domaine de la biopréservation des produits de charcuterie et des produits fumés et qui serviront à posteriori à soutenir le développement et l'innovation prévus des tâches ultérieures.

2. Réduire les risques potentiels durant la transformation de produits carnés traditionnels portugais et valider les diagrammes de flux *in locu*;

Validation du diagramme de flux de production de charcuterie et de produits fumés et identification ultérieure des variables du processus et des dangers potentiels pour identifier les étapes de la transformation durant lesquelles l'utilisation d'agents bioprotecteurs peut représenter une valeur ajoutée pour la qualité et la sécurité du produit final.

3. Isoler et sélectionner les cultures de départ bactériocinogéniques à appliquer comme bioprotecteurs dans la transformation de charcuterie et de produits fumés traditionnels portugais;

Isolement des différentes bactéries acido-lactiques et réalisation d'analyse d'activité antimicrobienne et bactériocinogénique dans les divers produits contre différentes bactéries pathogènes, selon les dangers identifiés à l'étape n° 2. Des aspects comme l'absence de facteurs intrinsèques de virulence, l'origine des produits; la résistance aux conditions opératoires, concrètement le pH, la température, le sel et les composants de la matrice alimentaire, ont été considérés.

4. Évaluer les paramètres de qualité des produits représentatifs de la technologie appliquée;

Caractérisation de la charcuterie et des produits fumés au cours de leur durée de vie, fabriqués avec et sans ajout de cultures de départ bioprotectrices, permettant ainsi d'évaluer l'impact de la technologie sur la qualité finale du produit. Pour cette caractérisation, des techniques d'analyses physico-chimique, microbiologique et sensorielle des aliments ont été utilisées.



Dans cette étude, la durée de vie des produits de charcuterie fumée produits avec et sans ajout de cultures de démarrage bioprotectrices a été évaluée.



Par la suite, une méthode innovante d'ajout de cultures bioprotectrices sera étudiée, ajout qui pourra avoir lieu durant la phase de préparation et de repos de la pâte, immédiatement avant le remplissage et à la fin du processus, par immersion ou par pulvérisation. Dans le cas de produits laminés, la possibilité d'ajout de cultures par pulvérisation, brossage et immersion avant la fermeture de l'emballage sera également évaluée. Des études seront menées pour évaluer l'impact des différentes technologies d'emballage isolées et combinées pour développer un emballage optimisé pour chaque type de produit et sa forme de présentation respective (par unité ou coupé en tranches), qui maintienne la qualité et la sécurité du produit, en augmentant, si possible, sa durée de vie. Les technologies à évaluer seront les emballages et/ou les recouvrements bioactifs imprégnés dans des agents antimicrobiens, l'emballage sous atmosphère modifiée et l'emballage sous vide. Finalement, une application des cultures de départ bioprotectrices sera développée à l'échelle industrielle (*scale-up*), afin de valider la technologie et de la mettre à disposition de l'industrie.

Les résultats présentés dans le sous-chapitre suivant se concentrent uniquement sur l'ajout de cultures de départ bioprotectrices, *Lactobacillus plantarum* et *Lactobacillus sakei*, isolés des produits salés/fumés traditionnels, respectivement « Beloura » et « Salpicão », durant le processus de fabrication d'une autre charcuterie traditionnelle, « l'Alheira ».

2.3 DÉVELOPPEMENT EXPÉRIMENTAL

Durant l'étape n°3 du projet, mentionnée ci-dessus, - Isoler et sélectionner les cultures de départ bactériocinogéniques à appliquer comme bioprotecteurs durant la transformation de la charcuterie et de produits fumés traditionnels portugais - ont été développés plusieurs essais, dont les techniques et les résultats sont présentés au chapitre suivant.

Des essais d'isolement de bactéries acido-lactiques de produits carnés secs et fumés ont été réalisés. 6 souches ont été isolées, 2 de *Lactobacillus plantarum*, 3 de *Lactobacillus sakei* et 1 de *Enterococcus faecium* avec capacité bactériocinogénique. Des résultats d'optimisation et de production de bactériocines par plusieurs de ces souches [54], concrètement sur l'optimisation de la production de bactériocine ST153ch produite par la souche *Lactobacillus sakei* et isolée de « Salpicão », et le *Lactobacillus plantarum* et sa bactériocine ST202ch isolés du « Beloura », produits tous deux de viande salée et fumée, ont été publiés.

Après les études d'isolement et de sélection des cultures, en fonction de leur pouvoir antimicrobien, leur application a été réalisée à l'échelle industrielle dans l'entreprise *Minho Fumeiro - Enchidos e Fumados à Moda de Ponte de Lima Lda*. La souche, dont les résultats étaient les meilleurs, le *Lactobacillus sakei*ST153ch., a été incorporée au processus de fabrication de « l'alheira ».

Après incorporation de la culture au mélange de viandes, le processus normal de fabrication a suivi son cours, en plusieurs étapes, jusqu'au produit final, emballé sous vide et sous atmosphère modifiée. Le produit a été soumis à des conditions identiques de séchage, de fumage, d'emballage et de température de stockage. Après l'emballage, les unités ont été envoyées à des laboratoires de microbiologie et d'analyse sensorielle, où ont été évaluées l'activité antimicrobienne et les caractéristiques sensorielles du produit traité en comparaison avec le produit standard.

Des analyses sensorielles ont été menées simultanément par un groupe de 9 testeurs qualifiés pour détecter des défauts dans les produits carnés salés et fumés. Des sessions précédentes avaient été réalisées pour discuter conjointement des attributs sensoriels les plus importants, des échelles, des limites. Puis, la « fiche d'essai », composée de 17 points de description sensorielle, a été remplie.

Une analyse de variance a été réalisée (ANOVA) en utilisant le *software* Statistica (version7, Statsoft, Inc), afin de comparer et de détecter quels attributs évalués par le groupe, présentaient des différences statistiquement significatives entre les deux types de produits: celui de contrôle (échantillon commercial) et « l'alheira » avec la souche ajoutée, au jour 0.

Puis, des études ont été menées à 30, 45, 60 et 90 jours, pour comprendre si l'effet bactéricide se maintient au long de la durée de vie des produits (60 jours) sans altérations importantes au niveau sensoriel et/ou si éventuellement nous pourrions prolonger cette durée, qui est un des autres objectifs de ce projet. Enfin, une étude a été réalisée auprès du consommateur, dans le but d'évaluer l'acceptabilité du nouveau produit.

2.4 RÉSULTATS

L'activité antimicrobienne et bactériocinogénique du *Lactobacillus plantarum*, producteur de la bactériocine ST202ch et du *Lactobacillus sakei*, producteur de la bactériocine ST153ch face à la *Listeria monocytogenes* B296a été démontrée. Des études ont été réalisées pour comparer l'efficacité et la croissance des bactéries acido-lactiques directement sur « l'alheira » et en compétition avec d'autres organismes pour simuler les conditions réelles du produit et de sa flore microbienne. La capacité de croissance des bactéries lactiques, objet de cette étude, inoculées avec différents micro-organismes a été démontrée. Ultérieurement, une étude préliminaire a été effectuée en milieu industriel, avec la production d'alheiras inoculées avec le *Lactobacillus sakei* producteur de la bactériocine ST153ch.

Comme il a déjà été indiqué, parmi les bactéries acido-lactiques isolées, des souches ont été identifiées avec une activité microbienne et bactériocinogénique. Durant le suivi réalisé, il a été constaté que cette activité s'est produite, grâce à la compétition directe entre espèces ou sous l'effet de la production d'acide lactiques, entraînant la diminution du pH du milieu de culture.

Comme indiqué précédemment, uniquement deux souches autochtones bactériocinogéniques, le *Lactobacillus plantarum* ST202ch isolé du « Beloura » et le *Lactobacillus sakei* ST153 isolé du « salpicão » ont été ultérieurement utilisées. L'activité anti listeria, des souches de *Lactobacillus plantarum*, productrice de la bactériocine ST202ch et de *Lactobacillus sakei*, productrice de la bactériocine ST153ch, a été évaluée initialement dans des échantillons de viande de porc stérilisée, étant donné que son comportement *in situ* n'est pas connu.

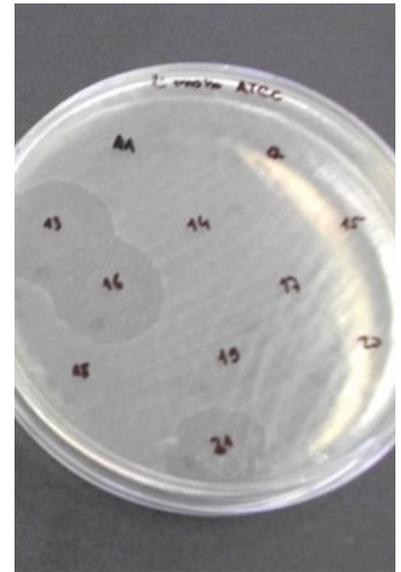
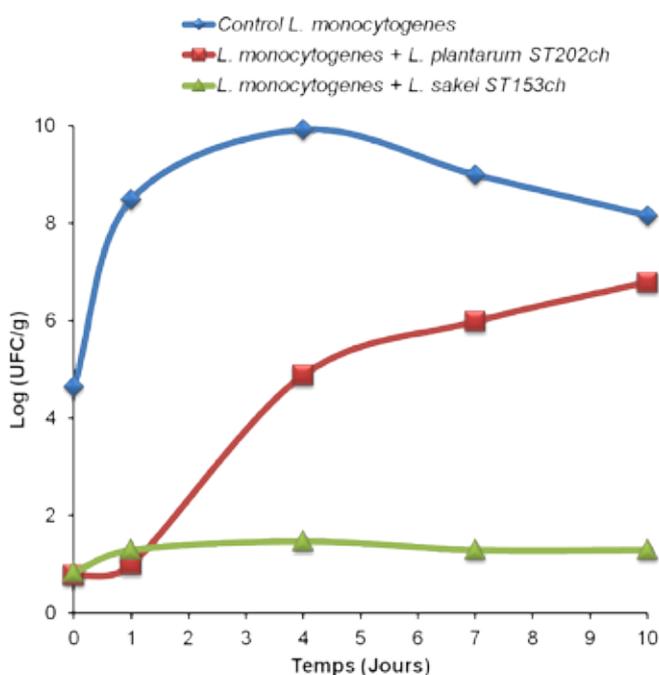


Figure 4 : Plaque avec halo d'inhibition dû à l'action du *Lactobacillus sakei* ST153ch face au *L. monocytogenes*



Graphique 1 : Comptages de *L. monocytogenes* dans la viande stérile en présence de ST202ch (*L. plantarum* ST202ch) et de ST153ch (*L. sakei* ST153ch) (Contrôle *L. monocytogenes* – croissance de *L. monocytogenes* dans la viande; *L. monocytogenes* + *L. plantarum* ST202ch – croissance de *L. monocytogenes* dans la viande avec mélange de ST202ch; *L. monocytogenes* + *L. sakei* ST153ch – croissance de *L. monocytogenes* dans la viande avec mélange de ST153ch)

Une inhibition de *L. monocytogenes* a été observée, en présence de ST 153ch (halo d'inhibition- Figure 4) durant les 10 jours d'étude, à une température d'incubation de 30 °C. Aucune inhibition n'a été observée de l'agent pathogène indicateur avec la ST202ch au cours de l'étude, cependant, la période de latence a augmenté (24 heures) (Graphique 1).

Ces résultats mettent en évidence que la souche *Lactobacillus sakei*, productrice de la bactériocine ST153ch, a été plus efficace pour contrôler la croissance du micro-organisme indicateur, *Listeria monocytogenes* B296, que la souche *Lactobacillus plantarum* ST202ch.

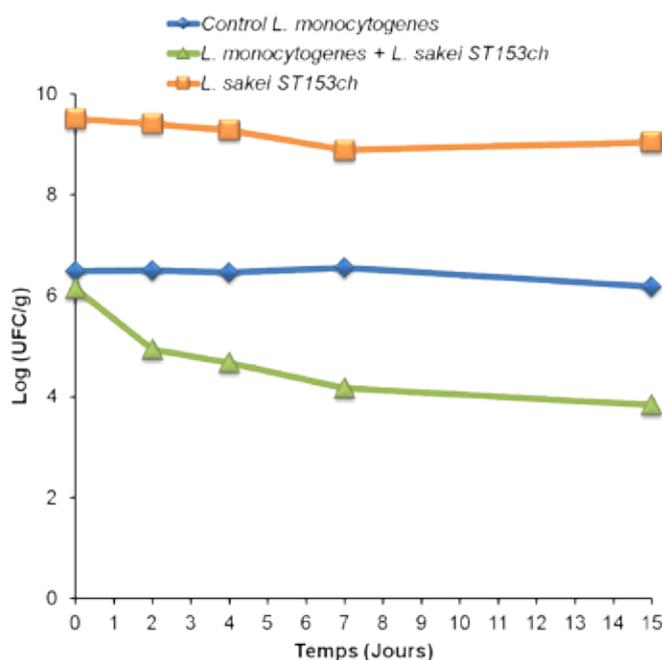
Sur le Graphique 2, il peut être constaté que le *Lactobacillus. sakei* ST153ch a inhibé la croissance de la *L. monocytogenes*, avec une réduction de 2 cycles logarithmiques face au contrôle durant les 15 jours de stockage et à une température de réfrigération de 5°C.

L'analyse sensorielle, menée le jour 0, révèle que le groupe de 9 testeurs a été cohérent dans leur réponse ($p > 5\%$) concernant les attributs qui présentent des différences importantes, « l'Odeur Caractéristique », « la Dureté de la Pâte », « le Goût Caractéristique », « le goût Acide » et « le Goût Amer » ($p < 5\%$). Cela signifie que le groupe a détecté des différences de perception de ces attributs, en comparant « l'alheira » inoculée et « l'alheira » commerciale, non inoculée.

Aucune différence significative n'a été trouvée entre « l'alheira » emballée sous vide et sous atmosphère modifiée (80% N₂ et 20% CO₂) pour les attributs analysés. Cependant, le groupe n'a pas été cohérent dans sa réponse ($p < 5\%$) concernant l'attribut « Goût Acide » et « Goût Amer », ce qui ne permet pas de déterminer l'influence du type d'emballage par rapport à la perception de ces deux attributs. L'analyse ultérieure des produits au cours de leur durée de vie permettra d'évaluer si l'emballage affecte ou non, de manière importante, la perception sensorielle de certains de ces attributs.

L'ajout d'une suspension saline de 500 ml par 10 kg de pâte inoculée, qui a probablement acidifié l'échantillon, en produisant plus d'acide lactique, a également augmenté l'humidité du produit et a altéré sa texture, et ces deux conditions sont, sûrement responsables de cette perception sensorielle relative à la dureté, à l'odeur et au goût détectée par le groupe. Par la suite, cette influence sera étudiée par comparaison avec un produit de contrôle, auquel 500 ml d'une solution saline sans inoculum sont ajoutés. D'autres études d'ajout d'inoculum ont également été effectués aussi bien sur la pâte que sur l'emballage. Ces analyses sensorielles permettront de comprendre si les différents types d'emballage sous

Graphique 2 : Comptages de *L. monocytogenes* dans « l'alheira » en présence du *L. sakei* ST153ch (Contrôle *L. monocytogenes* – croissance de *L. monocytogenes* en « l'alheira » *L. monocytogenes*+*L. sakei*ST153ch – croissance de *L. monocytogenes* dans « l'alheira » avec mélange de ST153ch; *L. sakei*ST153ch – croissance du *L. sakei* ST153ch dans « l'alheira »)



atmosphère modifiée (usage commercial) et sous vide influent sur les caractéristiques sensorielles du produit tout au long de sa durée de vie, et à 90 jours, à la fois sur le groupe de contrôle (échantillon commercial) et sur le groupe auquel a été ajouté la culture.

3. CONCLUSIONS

Tout comme cela a été fait dans ce travail, plusieurs auteurs ont démontré le pouvoir des bactéries acido-lactiques pour inhiber la croissance de micro-organismes pathogènes dans les produits à base de viandes salées et fumées [47,54,55,56].

À l'avenir, ce type de « cultures fonctionnelles » permettra de protéger les consommateurs d'intoxications alimentaires, par des souches pathogènes ou par l'ingestion de ses toxines, grâce à une rapide acidification des aliments ou par la production de métabolites antimicrobiens, comme les bactériocines [49]. Cependant, il est important, lors des essais pour déterminer l'activité antimicrobienne de nouvelles souches, de tenir compte des risques connexes, tels que la formation d'amines biogènes et le développement de la résistance des bactéries aux antibiotiques [49].

D'après Bonomo *et al.*, [57] il a été possible de démontrer avec cette étude la capacité antimicrobienne élevée de *Lactobacillus sakei*, dans le but de normaliser le processus, de préserver les caractéristiques organoleptiques et sensorielles, et même de les améliorer. La non utilisation de conservateurs synthétiques, remplacés par des cultures vivantes autochtones, capables de garantir la qualité sanitaire du produit, aussi bien d'un point de vue microbiologique que chimique a été validé. La biopréservation par l'ajout de bactéries acido-lactiques est une option viable par rapport aux additifs synthétiques qui garantissent la sécurité chimique et microbiologique du produit, tout en maintenant ses caractéristiques organoleptiques et son mode de production traditionnelle, est un exemple de ce qui a été désigné par « Innover dans la Tradition ».

Les bactériocines sont des métabolites secondaires facilement dégradés par les protéases des enzymes du tractus gastro-intestinal humain [42] et, par conséquent, comme la *nisine*, l'ensemble des substances GRAS (Generally regarded as Safe) devrait être étendu, afin de fournir une plus grande possibilité de biopréservation, soit par l'ajout de Bactéries Acido-lactiques, soit par l'addition directe de ses bactériocines, à condition qu'il existe des essais et études spécifiques *in vivo* qui en valident ses avantages [49].

4. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Programme COMPETE – Programa Operacional Factores de Competitividade du Gouvernement du Portugal pour le financement du projet n° 13338 *Biofumados: Tradição vs Qualidade, et au promoteur Minhofumeiro – Enchidos e Fumados à Moda de Ponte de Lima Lda.*, l'Institut Polytechnique de Viana do Castelo et l'Université Catholique Portugaise. Les études présentées ici sont le résultat du travail de divers chercheurs des deux dernières institutions, ainsi que de la collaboration du Dr. Svetoslav Todorov, de l'Université de S. Paulo, Brésil.

Les auteurs remercient également le fonds FEDER (Fonds Européen de Développement Régional) à travers le programme de coopération interrégionale de la zone du sud-ouest européen (Interreg SUDOE IVB) et tous les partenaires du projet FOODSME-HOP pour avoir rendu possible la publication de ce document technique dirigé aux entreprises agroalimentaires.



La biopréservation par l'ajout de bactéries acido-lactiques est une option viable, par rapport aux conservateurs de synthèse, garantissant la sécurité biotique et abiotique du produit, et en maintenant ses caractéristiques sensorielles.



5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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 Abril 1998; Porto, Portugal. p. 19-22.
- Règlement (UE) N° 1129/2011 DE LA COMMISSION du 11 novembre 2011 qui modifie l'annexe II du Règlement (CE) n° 1333/2008 du Parlement Européen et du Conseil pour établir une liste d'additifs alimentaires de l'Union Journal Officiel de l'Union européenne L 295 du 12.11.2011.
- Règlement (CE) n° 1333/2008 du Parlement Européen et du Conseil, du 16 décembre 2008, sur les additifs alimentaires. Disponible sur: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0016:FR: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, Martin 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. Sur: 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, Leplgard 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, Laubit 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, Taweechoatipat M, Rognerud CL, Ou CN, Tumwasorn S, Versalovic J. Human-derived probiotic *Lactobacillus reuteri* demonstrate antimicrobial activities targeting 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 sur: <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 sur: <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. Gyol 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 aspratulus*. *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 [cité 27 Julliet 2012]. Disponible sur: 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 [le 22 Juin 2012]. Disponible sur: 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.

CHAPITRE 2

INNOVATIONS ET UTILISATION DE MATIÈRES GRASSES DANS LES PRODUITS ALIMENTAIRES

Balhadere S, Leao JD, Morin O

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

Index

1. INTRODUCTION	26
1.1 Contexte actuel	26
1.2 Les principaux aliments qui apportent de la matière grasse au régime alimentaire.....	27
1.3 Fonctions de la matière grasse	28
1.3.1 Fonction biologique et intérêt nutritionnel	28
1.3.2 Fonctions technologiques pour l'industrie agroalimentaire.....	28
2. VOIES D'INNOVATION	30
2.1 Diminution de la matière grasse	30
2.1.1 Définition	30
2.1.2 Besoins technologiques	30
2.1.3 Solutions	30
2.2 Modification des proportions des composants de la matière grasse	31
2.2.1 Définition.....	31
2.2.2 Besoins technologiques	32
2.2.3 Solutions	33
3. CAS PRATIQUE : PROJET D'ENRICHISSEMENT EN OMÉGA-3 D'UN FROMAGE DE CHÈVRE	34
3.1 Définition du produit.....	34
3.2 Objectifs.....	35
3.3 Développement expérimental	35
3.4 Résultats.....	36
4. CONCLUSION	38
5. RÉFÉRENCES	39

1. 1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE ACTUEL

La connaissance d'une part, de l'impact des régimes alimentaire ou de certains composants de celui-ci sur la santé, et d'autre part, des résultats d'études épidémiologiques, ainsi que les recommandations nutritionnelles qui en découlent, ont permis à la population de modifier ses habitudes alimentaires [1].

Les consommateurs sont de plus en plus conscients du rapport entre alimentation et santé [2] et de l'impact positif ou négatif de la matière grasse (huiles, matières grasses d'origine végétale ou animale) en fonction de sa nature et de la quantité consommée. Pour cette raison, les aspects nutritionnels influent de plus en plus sur la décision d'achat de produits déterminés, et bien que la nouveauté soit un facteur important dans la décision d'achat, un grand nombre de consommateurs se sentent attirer par ces derniers.

Cet intérêt de la part des consommateurs a stimulé les entreprises du secteur agroalimentaire à développer des produits « fonctionnels » qui permettent, dans le cadre d'une alimentation saine, de favoriser l'équilibre entre les apports et la qualité des acides gras. La quantité et la nature de la matière grasse que contient un produit contribuent à sa valeur nutritionnelle.

Ces aspects favorisent l'innovation et implique, selon le cas, le développement de nouveaux procédés, étant donné que des changements de composition impliquent des modifications de fonctionnalité que les matières grasses apportent au produit. L'emploi d'autres ressources est également encouragé (nouveaux types de matières grasses ayant une composition et un rapport d'acides gras distincts, nouvelles options issues de la recherche). Il faut, cependant, pour ce faire, valider les approvisionnements et/ ou appliquer les procédures législatives nécessaires pour autoriser l'introduction d'un nouvel aliment sur le marché (Novel Food par exemple). De plus, les grandes productions mondiales de produits oléagineux (par exemple, de palme et dérivés, soja, tournesol, arachide...) peuvent, de façon ponctuelle ou permanente, être perçues de manière négative par une partie des consommateurs. Cette situation stimule la recherche d'options, dont la complexité constitue tout un défi [1].

Le développement de nouveaux produits demande également aux fabricants de considérer certaines exigences en rapport avec l'utilisation de matières grasses, comme la quantité quotidienne recommandée (CDR) [3], le respect des règles sur les informations alimentaires fournies au consommateur, les allégations nutritionnelles, ainsi que les exigences en matière de qualité et de sécurité alimentaire.

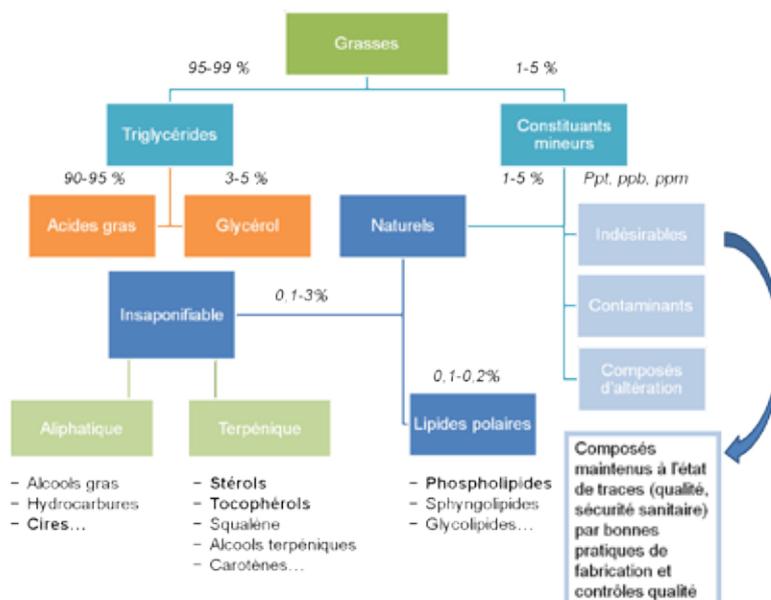


Figura 1 : Composition générale de la matière grasse et importance des principaux types de composés

1.2. PRINCIPAUX ALIMENTS QUI APPORTENT DE LA MATIÈRE GRASSE AU RÉGIME ALIMENTAIRE

Une matière grasse (huile ou graisse) est composée d'une grande variété de composants (figure 1). Les triglycérides sont majoritaires (95-99%) et sont composés de glycérol (3-5%) et d'acides gras (90-95%). D'autres composants sont présents naturellement en moindre quantité ce sont des lipides de nature polaire, comme les phospholipides (0,1-0,2%) et les composants insaponifiables (0,1-3%),, comme par exemple, les tocophérols et les tocotriénols, les caroténoïdes, les squalènes, etc.

Les matières grasses, particulièrement celles d'origine végétale (huiles, beurres végétales), sont classées en différentes familles [4], selon leur composition en acides gras. Il faut souligner 4 familles [1]:

- La famille oléique, dans laquelle l'acide gras principal, l'acide oléique (C18:1), représentant des acides gras monoinsaturés, est majoritaire. L'huile d'olive, d'arachide, de tournesol et de colza appartiennent à ce groupe.
- Famille linoléique, dans laquelle l'acide gras C18:2 oméga-6, acide gras polyinsaturé, est majoritaire. L'huile de soja, de tournesol, de germe de maïs et de pépins de raisin appartiennent à ce groupe.
- Famille α -linoléique, dans laquelle l'acide gras C18:3 oméga-6 est présent en quantité significative. L'huile de colza, de soja, de noix et de lin appartiennent à ce groupe.
- Famille des matières grasses riches en acides gras saturés, avec leurs représentants principaux (C12:0, C16:0, C18:0). L'huile de palme, de palmiste, de noix de coco, riches en acide laurique (C12:0), le beurre de cacao et par comparaison, la matière grasse du beurre appartiennent à ce groupe.

Une étude de consommation (INCA 2) [5] réalisée par l'Agence Nationale française de Sécurité Alimentaire (ANSES) en 2006-2007 montre que les apports en lipides chez les enfants de 3 à 17 ans sont en moyenne de 75 g/jour et chez les adultes de 18 à 79 ans de 89 g/jour. Leur contribution à l'apport énergétique quotidien varie entre 37% et 40%, selon le groupe d'âge et le genre, et sont dans la plage recommandée par l'ANSES, dans le cas des adultes, avec un apport énergétique proche de 2.000 Kcal.

Cependant, il faut souligner que le rapport observé entre les différents acides gras dans cette étude est encore loin de la CDR. En effet, l'apport en acides gras saturés est significativement plus élevé que celui établi par la CDR (45% face aux 25% recommandés), alors que l'apport en acides gras monoinsaturés est inférieur à la CDR (39% face aux 60% recommandés).

Les données de l'étude INCA 2 indiquent que les principaux groupes d'aliments qui apportent des matières grasses au régime alimentaire des adultes sont les huiles (11,9%), les fromages (9,8%), les beurres (9,4%), la charcuterie (7,7%) et les viennoiseries et gâteaux (6,7%). Ces cinq groupes sont la source de 45,5% de la matière grasse totale ingérée. Ils sont suivis de près par les viandes, les plats préparés, les condiments et les sauces. Les matières grasses «visibles»—c'est-à-dire sans inclure celles utilisées comme ingrédient d'une recette (par exemple, le beurre des gâteaux) ou comme composant d'un aliment complexe (par exemple, l'huile de friture), mais par contre les beurres, huiles, margarines, sauces et condiments—apportent 28% de la matière grasse totale. L'ensemble « viande, volailles, charcuterie et restes » apporte 17%; les produits laitiers (lait, fromage et produits réfrigérés) autour de 14% et les pâtisseries et viennoiseries 11% [6].

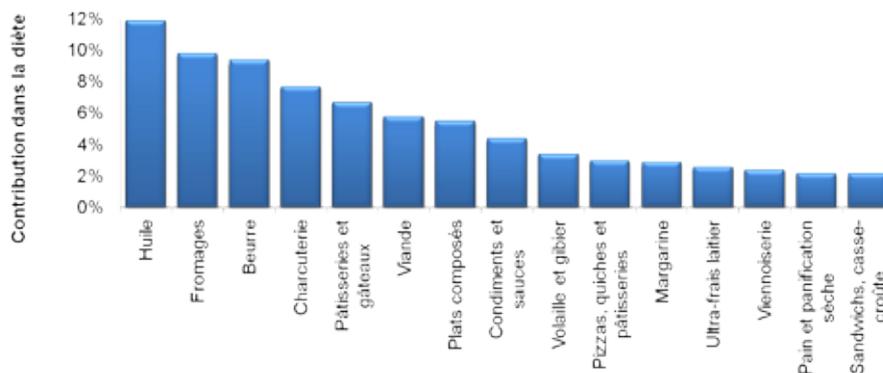


Figure 2 : Contribution des aliments à l'ingestion de matières grasses (%) selon INCA 2—adultes



Dans l'alimentation actuelle, les apports en acides gras saturés sont nettement supérieurs à la quantité quotidienne recommandée, contrairement aux acides monoinsaturés, dont l'apport est inférieur.



1.3. FONCTIONS DE LA MATIÈRE GRASSE

Les huiles et matières grasses «visibles» utilisées comme condiments (huile, sauces froides de type mayonnaise, etc.), les matières grasses à tartiner (margarines, beurres, etc.), celles utilisées pour frire, les matières grasses « cachées » dans la composition des aliments (produits carnés, laitiers, fruits secs, etc.) ou dans les recettes de produits industriels, ont des fonctions biologiques et technologiques différentes.

1.3.1 Fonction biologique et intérêt nutritionnel

Les lipides ont quatre fonctions biologiques principales:

- **Source et réserve d'énergie:** 1g de lipides apporte 9 Kcal. Le tissu adipeux, composé de lipides, est une forme de stockage d'énergie.
- **Fonction structurelle:** les membranes qui enveloppent chacune de nos cellules sont riches en lipides (phospholipides).
- **Apport et véhicule des vitamines liposolubles:** le beurre, le lait, les œufs, le foie de poisson et ses huiles contiennent d'importantes quantités de vitamines A et D. Les huiles végétales constituent la principale source de vitamine E.
- **Précurseurs de molécules ayant une activité biologique élevée:** les voies métaboliques conduisent à la formation de composés qui jouent un rôle important dans les fonctions vitales, telles que la coagulation du sang (agrégation plaquettaire), la fonction rénale, les processus inflammatoires et immunitaires.

Parmi les différentes matières grasses, les acides linoléiques (oméga-6) et α -linoléique (oméga-3) sont essentiels, en raison de leur fonction structurelle et moléculaire. En outre, l'homme est incapable de les synthétiser, ils doivent donc être apportés en quantité suffisante dans le régime alimentaire. Ainsi, les acides gras **oméga-6** (l'acide linoléique et ses dérivés métaboliques à chaînes plus longues et plus saturées, qui ensemble constituent ce qui est connu comme série oméga-6) ont une fonction structurelle sur les membranes cellulaires (comme barrière de l'épiderme) et une fonction régulatrice du cholestérol.

Parmi les acides gras **oméga-3** (l'acide α -linoléique et ses dérivés métaboliques à chaînes plus longues et plus insaturées, qui ensemble constituent ce que l'on appelle la série oméga-3), le DHA (acide docosahexaénoïque) joue un rôle structurel important comme composant majoritaire des phospholipides des membranes et cellules nerveuses. L'EPA (acide eicosapentaénoïque) donne lieu à un médiateur chimique, oxygéné, impliqué dans les réactions inflammatoires. Les oméga-3 interviennent particulièrement comme antiagrégants plaquettaires (dans la coagulation du sang).

1.3.2. Fonctions technologiques pour l'industrie agroalimentaire

La diversité de produits oléagineux existants est à la base d'une grande variété de matières grasses à disposition du secteur agroalimentaire. Cependant, 90% de la production mondiale n'utilise qu'une dizaine d'huiles (palme et dérivés, soja, colza, tournesol, coton, arachide et olive). Les entreprises agroalimentaires les sélectionnent selon les fonctionnalités qu'elles souhaitent atteindre.

Les matières grasses sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire pour l'élaboration de nombreux produits (gâteaux, plats cuisinés, apéritifs, chocolats, etc.). Parmi leurs fonctions, il faut souligner:

- **Fonction organoleptique / sensorielle:** apport d'odeur et de goût / saveur (goût d'origine, d'appui ou exhausteur d'arômes lipophiles et liposolubles), sensation en bouche, palatabilité et « goût gras » ou aspect visuel. Par exemple, la matière grasse apporte l'effet

- « glacé » (brillance des sauces, dans les légumes panés, etc.) [7];
- **Conducteur de chaleur:** fluide caloporteur efficace (application pour frire à 180°C) ;
 - **Fonction rhéologique** (apporte de la fluidité, de la consistance et de la plasticité) et de texturation (matière grasse à l'état pur ou transformée par fractionnement, interestérisation ou hydrogénation). Quelques exemples des effets causés par cette fonction sont [7] :
 - Effet de plasticité: certaines matières grasses solides ne fondent pas jusqu'à une température donnée (>30°C); ces dernières peuvent être transformées par interestérisation (réarrangement des acides gras en glycérol) pour modifier leur point de fusion (exemple : les fromages à tartiner à froid) ;
 - Effet « de fragmentation »: la texture craquante de certaines pâtisseries ou gâteaux vient de la couche de matière grasse qui recouvre les particules de farine, empêchant l'absorption d'eau.
 - Effet de flocons : lorsque les pâtisseries et les gâteaux forment des flocons, la matière grasse aide à séparer les couches de gluten et d'amidon formées dans la pâte, quand la matière grasse fond pendant la cuisson, des orifices de ventilation, par lesquels s'évapore l'eau sont formés, provoquant la séparation des différentes couches de la pâte ;
 - Effet sur la rétention d'eau: la matière grasse contribue à la conservation de l'humidité d'un produit (impact sur la conservation et la durée de vie du produit) ;
 - Spongiosité : la texture moelleuse de pâtisseries ou mousses est obtenue en mélangeant la matière grasse et le sucre, qui attrape l'air dans des bulles ;
 - Développement d'**émulsions**, relatives aux propriétés tensioactives des lipides amphiphiles (phospholipides, glycérides partiels, etc.)

Structure et propriétés technologiques des matières grasses [1]

La matière grasse est une expression générique utilisée pour désigner plusieurs classes de lipides, bien que souvent elle fait référence à des acylglycérides, esters dans lesquels un, deux ou trois acides gras se lient à une molécule de glycérine pour former respectivement des mono glycérides, di glycérides et triglycérides. Ils se différencient d'autres lipides par leur structure chimique et leurs propriétés physiques. Les acides gras se distinguent par leur longueur de la chaîne (nombre d'atomes de carbone), le nombre de doubles liaisons (aucune dans les acides gras saturés, une dans les acides gras mono insaturés et deux ou plus dans les acides gras polyinsaturés), la position sur la chaîne hydrocarbonée et la configuration spatiale (ou géométrie) de ces insaturations (isomères cis, trans).

Les principales propriétés des acides gras sont liées à leur niveau d'insaturation. Ainsi, plus l'insaturation est élevée, plus le point de fusion est bas (produits plus liquides).

La structure des triglycérides par rapport à la nature et position des acides gras sur le glycérol constitue la composition réelle des matières grasses et détermine ses propriétés physiques (fusion, solidification) et rhéologiques, chimiques et nutritionnelles.

La fusion et la solidification par cristallisation sous formes cristallines distinctes et variables (polymorphisme) influent directement sur les propriétés rhéologiques de la matière grasse. L'état cristallin ou semi-cristallin et la température de stockage ou d'utilisation de la matière grasse incorporée à de nombreux produits alimentaires déterminent les propriétés rhéologiques et la texture des produits élaborés [8].

La stabilité à l'oxydation dépend, en premier lieu, de la composition en acides gras, et en second lieu, de la structure de triglycéride. La sensibilité à l'oxydation est directement liée au nombre d'insaturations. Les acides gras polyinsaturés sont de l'ordre de 100 fois plus sensibles à l'oxydation que les acides gras monoinsaturés. La présence d'antioxydants, tels que les tocophérols, limite, dans une certaine mesure, l'oxydation de la matière grasse.



Les fonctions et propriétés technologiques de la matière grasse sont liées à sa composition et sa structure moléculaire.



2. 2. VOIES D'INNOVATION

2.1. DIMINUTION DES MATIÈRES GRASSES

2.1.1. Définition

L'industrie agroalimentaire, accusée parfois d'être en partie responsable de l'augmentation de certaines pathologies liées à l'alimentation, comme l'obésité, pour avoir mis à disposition des consommateurs des produits ayant une haute teneur en matières grasses, a parié depuis quelques années sur le développement de produits « allégés ». Pour les consommateurs, l'intérêt pour les produits « allégés » ne répond pas seulement au souhait de maigrir, mais aussi aux notions de plaisir, de bien-être et de santé. Ainsi, après l'ère des produits *light* (en matières grasses), dans lesquels la teneur énergétique était réduite, nous nous dirigeons maintenant vers l'ère de l'amaigrissement actif, qui ne consiste pas uniquement à réduire l'ingestion de calories, mais aussi à ce que les aliments aient un certain effet sur le métabolisme [9]. Le marché des produits laitiers a été le premier à promouvoir ces produits [10]. En ce qui concerne la réglementation, les produits allégés / light doivent répondre aux mêmes conditions que celles prévues pour le terme « réduit en » et la déclaration doit être accompagnée d'une indication de la caractéristique ou des caractéristiques qui font que l'aliment soit light ou allégé [24]. L'allégation nutritionnelle « réduit en (nom du nutriment) » est uniquement autorisée, s'il existe une diminution minimale de 30% par rapport à un produit similaire.

2.1.2. Besoins technologiques

En général et selon la nature des produits finaux, les exigences auxquelles doit répondre la formulation de la (des) matière(s) grasse(s) incorporée(s) à un aliment sont:

- 1 facilité d'approvisionnement (disponibilité et prix régulier);
- 2 fonctionnalité (rôle dans la recette);
- 3 bon comportement durant le processus de fabrication (usinabilité et résistance au processus);
- 4 contribution positive à la qualité du produit fini sur le plan nutritionnel, organoleptique / sensoriel et à sa stabilité lors de la conservation.

Les aspects les plus importants à prendre en compte concernant la diminution de la matière grasse dans les aliments sont les facteurs rhéologiques (texture) et le goût / la saveur. En plus de ces restrictions, la diminution de la matière grasse dans les formulations des aliments doit tenir compte des réglementations concernant le produit développé. Par exemple, pour les fromages, la dénomination *fromage* est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir de matières d'origine exclusivement laitière et dont la teneur minimale de matière sèche doit être de 23 grammes par 100 grammes de fromage.

2.1.3. Solutions

Il existe sur le marché des substituts qui permettent une diminution partielle ou totale de la matière grasse dans certains produits alimentaires. Ces substituts peuvent apporter certaines fonctionnalités aux aliments, telles qu'une amélioration de leur stabilité, de leurs propriétés de texture et de leur profil nutritionnel (diminution des acides gras saturés). Parmi les substituts, nous pouvons citer les matières grasses ou *shortenings* (mélange anhydre de matières grasses, par exemple, non émulsionnées).

Voici quelques exemples de substituts commerciaux, potentiels, utilisés dans des applications alimentaires :

AAK

Propone InFat™, une matière grasse végétale spécialement développée pour la formulation de lait infantile. www.aak.com

DMV

Propone Aerion DP 90, une matière grasse végétale non hydrogénée. Cette matière grasse permet de réaliser les crèmes chantilly et les mousses et elle peut, en plus, être utilisée dans les produits de boulangerie. www.dmv-international.com

Tate&Lyle

Creamiz, nouvel amidon qui permet de réduire la présence de lipides jusqu'à 30 % [11].

Resistamyl™140, un mélange d'amidons de maïs, conçu pour apporter une texture crémeuse et onctueuse aux produits de boulangerie. Ce produit offre une bonne adhérence aux produits finis et évite que la crème ne se colle, à la grande satisfaction du consommateur. Stable à la cuisson, il présente une bonne tolérance au cycle de congélation-décongélation. Facile à utiliser, aucun procédé particulier n'est nécessaire. Il s'adapte directement aux lignes de production [12]. <http://www.tateandlyle.com/>

Roquette

Nutriose FB, fibre soluble de blé, qui module l'hydratation de la recette pour remplacer jusqu'à 50% des matières grasses dans les biscuits. Ce produit permet de conserver l'allégation « source de fibres » ou « riches en fibres » [13].

Cosucra Groupe Warcoing SA

Il a développé des recettes novatrices pour différents secteurs de l'industrie alimentaire (produits laitiers, boulangerie, confiserie...), afin d'aider à explorer les opportunités du marché de la satiété. *Fibruline®* et *Fibrulose®* c'est de l'inuline et de l'oligofructose extraites de racines de chicorée. De faible viscosité, ces fibres solubles peuvent être utilisées en grandes quantités pour augmenter la présence de fibres et provoquer une sensation de satiété. Ces deux ingrédients peuvent être utilisés pour remplacer, en partie, les sucres et matières grasses [14].

ARLA FOODS Ingrédients

PSMD T45, nouvelle protéine de lait comme substitut du lait écrémé en poudre dans les produits carnés. Cette protéine offre une meilleure texture et permet une réduction substantielle des coûts [15]. www.arlafoods.com

2.2. MODIFICATION DES PROPORTIONS DES COMPOSANTS DE LA MATIÈRE GRASSE

2.2.1. Définition

La quantité quotidienne recommandée de matières grasses correspond non seulement à la quantité, mais aussi au rapport de certains acides gras, en raison de l'importance de l'équilibre de ces apports. C'est, par exemple, le cas des acides linoléiques et alpha-linolénique, pour lesquels un rapport optimal d'apport proche de 4 est recommandé.

La consommation réelle d'acides gras polyinsaturés (apport en acide linoléique (LA) oméga-6) est suffisant, et même un peu excessif, alors que l'apport en acide α -linoléique

“

L'apport quotidien en matières grasses dépend non seulement de la quantité, mais aussi de l'équilibre entre les différents acides gras.

”

(ALA) oméga-3, est clairement insuffisant avec un ratio AL/ALA éloigné des recommandations de l'AFSSA [16]. Le déséquilibre au détriment de l'ALA reste présent, bien que la tendance des apports quotidiens en ALA semble être en augmentation et celle des LA en diminution dans notre régime alimentaire, contribuant ainsi à limiter le déséquilibre oméga-6 / oméga-3 [17]. Cette tendance est un signe encourageant, en réponse aux efforts réalisés pour augmenter l'offre de consommation d'ALA (huiles riches en ALA) ou de produits enrichis en ALA.

Il faut rappeler (voir point 1.2) que les niveaux de consommation d'acides gras saturés sont nettement supérieurs aux apports recommandés, alors que la situation s'inverse dans le cas des acides gras mono insaturés.

Ces observations permettent de déduire que pour équilibrer l'ingestion d'acides gras, il faut diminuer la consommation d'acides gras saturés, augmenter celle d'acides gras mono insaturés et optimiser le rapport entre les apports d'acides gras polyinsaturés, oméga-6 et oméga-3 des aliments.

Comme mentionné précédemment, pour les produits peu gras, la tendance de consommation est de plus en plus orientée vers des produits sains, autour du concept d'alimentation saine. Pour répondre à ces attentes, les industriels doivent optimiser la formulation de certains produits à travers les matières grasses qui les composent. Les objectifs sont, principalement, d'ordre nutritionnel (obtenir un profil optimisé), mais peuvent aussi viser à éliminer une matière grasse, en particulier, en raison du fait que les consommateurs la perçoivent négativement. C'est, par exemple, le cas de l'huile de palme, souvent critiquée pour sa teneur en acides gras saturés et aussi à cause des conséquences du développement de ses plantations, qui a eu un impact négatif sur la conversion de vastes zones forestières à haute valeur de conservation et a menacé la biodiversité de certains écosystèmes. Ainsi, certains fabricants d'aliments ont décidé de supprimer l'huile de palme de leurs produits et de le remplacer par d'autres huiles végétales.



La modification des proportions de certains acides gras d'un produit est parfois un grand défi.



2.2.2. Besoins technologiques

La modification des proportions de certains acides gras d'un produit est parfois un grand défi. Dans le cas de la reformulation d'un produit naturellement riche en matières grasses « cachées », encore appelées « de constitution », ces dernières ne peuvent être modifiées. Dans ce cas, les voies d'optimisation se limitent à ajouter d'autres acides gras.

Dans le cas d'un produit transformé, la sélection des matières grasses se fait non seulement en fonction des critères de coût ou de disponibilité, mais aussi selon leurs propriétés et avantages technologiques. Par exemple, les huiles végétales liquides contiennent environ 15% d'acides gras saturés et plus de 80% d'acides gras insaturés. Les matières grasses végétales, plus riches en acides gras saturés, possèdent les propriétés physiques (dureté, consistance, plasticité) essentielles et incontournables dans les formulations, dans lesquelles les matières grasses doivent être particulièrement faciles à tartiner ou croustillantes. Ces matières grasses végétales offrent également une résistance élevée à l'oxydation et aux traitements thermiques.

C'est le cas de l'huile de palme, dont ses principaux avantages technologiques en rapport avec sa composition sont [18,19] :

- Comme dans toutes les huiles raffinées, son goût / sa saveur neutre lui permet d'être inclus dans de nombreuses recettes;
- Sa teneur élevée en acides gras saturés lui apporte une bonne résistance à l'oxydation et minimise le risque de rancissement;
- La consistance solide à température ambiante confère une texture *fondante* et croustillante au produit;
- Sa stabilité à la cuisson et à la friture évite d'avoir recours à l'hydrogénation partielle,

procédure qui provoque la formation d'acides gras trans dans l'aliment. C'est une source naturelle de vitamines A et E (tocotriénols).

Pour certaines applications alimentaires, cette huile est techniquement très difficile à remplacer, particulièrement dans le cas des margarines [20]. En réalité, la présence ou l'absence d'huile de palme dans un aliment n'est pas un critère suffisant, en lui-même, pour déterminer sa qualité nutritionnelle, il faut prendre en compte le profil nutritionnel global.

L'exemple de l'huile de palme met en évidence les difficultés qui peuvent exister pour répondre aux tendances occasionnelles ou permanentes, aux attentes des consommateurs et du marché, sans perdre de vue les exigences technologiques, de sécurité alimentaire, économiques et légales inéluctables durant le développement d'un produit.

2.2.3. Solutions

Les modifications pour équilibrer les proportions de certains acides gras d'un aliment dépendent de la nature et des spécifications du produit.

Les demandes actuelles de reformulation s'orientent généralement vers une optimisation du profil nutritionnel (formule d'acides gras optimisée, substitution totale ou partielle, diminution ou suppression de la matière grasse) et, parfois, vers le souhait d'associer une allégation nutritionnelle. Bien qu'elles puissent également être orientées vers la substitution des ingrédients pour le développement d'un produit écologique ou une innovation dans la texture du produit (par exemple, réaliser une mousse ou une émulsion).

Les solutions les plus habituelles sont le remplacement des matières grasses (d'origine animale ou végétale) par une autre huile ou par un mélange d'huiles végétales. En fonction des exigences rhéologiques du produit, des additifs peuvent être ajoutés (texturants ou émulsifiants).

Il est important de souligner, une fois encore, que l'intérêt nutritionnel d'une matière grasse en elle-même ou comparée à une autre est contraire à l'esprit des recommandations nutritionnelles, qui s'entendent dans le cadre d'un régime alimentaire global et non pas pour chaque aliment individuellement. Si certains aliments s'éloignent des recommandations (par exemple, par excès d'acides gras saturés), les autres composants d'une alimentation variée (par exemple, les huiles végétales liquides riches en acides mono et polyinsaturés) peuvent contribuer à rééquilibrer les apports en nutriments.

3. 3. CAS PRATIQUE : PROJET D'ENRICHISSEMENT EN OMÉGA-3 D'UN FROMAGE DE CHÈVRE

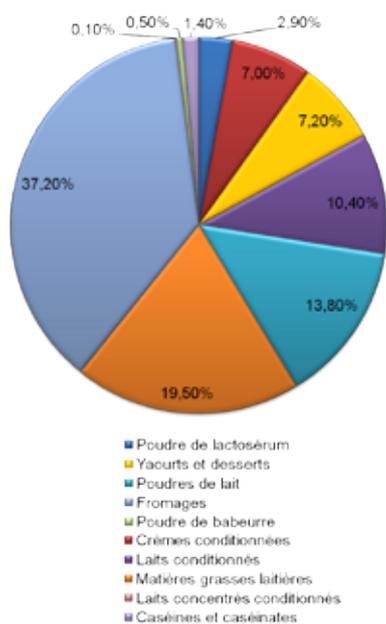


Figure 3 : Utilisation de lait pour la fabrication de produits laitiers (2011)

3.1. DÉFINITION DU PRODUIT

Les produits laitiers sont classés selon différents types, les principaux étant le lait, les laits concentrés conditionnés, le lait en poudre, la crème, le beurre, le fromage, les yaourts, les desserts lactés et les matières grasses à base de lait. La sélection du lait, ainsi que le procédé de fabrication de ces produits définissent les différentes variétés. Les fromages représentent 37% du total (figure 3) d'utilisation de lait.

En France, la fabrication de fromages de chèvre représente 10% (quelques 49.479 tonnes) de la production européenne globale. Parmi les différentes catégories de fromage de chèvre, la production de rouleaux représente la plus grande partie et les principaux réseaux de distribution de ce produit sont les hypermarchés, supermarchés et *hard discount*. Les fromages biologiques ne constituent encore qu'un créneau de marché réduit. La consommation de fromages de chèvre dans les foyers français représente 6,4% du fromage consommé. Les familles françaises consomment, en moyenne, 2 kg de fromage de chèvre par an [21,22].

Sur le plan nutritionnel, selon l'étude INCA 2 [5], les produits laitiers (lait, fromage et produits laitiers ultra-frais) contribuent à 17% de l'apport total de matières grasses dans notre régime alimentaire. Cette étude révèle aussi que les fromages fournissent 7,1% d'acides gras monoinsaturés, 2,1% d'acides gras polyinsaturés et 15,5% d'acides gras saturés. En plus de leur apport en sel, les fromages fournissent une grande quantité d'acides gras saturés, qu'il faudrait diminuer, selon les recommandations des autorités sanitaires.

Actuellement, la plupart des produits alimentaires mettent en avant leurs attributs « sains », que ce soit de façon directe (à l'aide d'une allégation) ou induite, c'est-à-dire ce que perçoit le consommateur (huile d'olive). Ainsi, les aliments sains peuvent englober les produits allégés ou enrichis, aliments diététiques, compléments alimentaires, produits fonctionnels (comme les margarines avec phytostérols), et également, les produits biologiques, fruits, légumes, légumes verts, etc.

Dans le cadre de la présente étude de recherche, le développement d'un fromage de chèvre enrichi en oméga-3 pourrait, par conséquent, entrer dans la catégorie des aliments fonctionnels.

Par ailleurs, une étude [25] révèle que plus de 75% des personnes interviewées ont l'intention de consommer des produits fonctionnels à l'avenir. Leur choix se portera particulièrement sur les produits laitiers (69%), les céréales (59%) et les fruits et légumes transformés et enrichis (50%). Près de la moitié des personnes interviewées souhaiteraient que les espaces spécifiquement dédiés aux aliments fonctionnels des supermarchés et hypermarchés traditionnels soient indiqués, afin de les identifier plus aisément. Ceci est une information à considérer, sachant que 66% des français achètent ce type d'aliments dans les supermarchés. De plus, ils ajoutent qu'il serait préférable de réduire la pression commerciale et de tenter d'augmenter l'efficacité de création et transfert adéquat de ces informations par les autorités sanitaires et professionnels de santé vers les consommateurs.

3.2. OBJECTIF

L'objectif de cette étude était de développer un fromage de chèvre biologique, enrichi en oméga-3, afin de pouvoir rajouter une allégation nutritionnelle sur l'étiquette du produit (« Source d'acides gras oméga-3 » ou « Teneur élevée en acides gras oméga-3 »).



Figure 4 : Rouleau de chèvre biologique de l'entreprise

L'intérêt de cet enrichissement est double: d'une part, il répond à une stratégie de marketing (allégation nutritionnelle), et d'autre part, c'est une stratégie nutritionnelle (apport d'oméga-3 et amélioration de l'équilibre de la proportion d'acides gras), qui offre une valeur ajoutée réelle au produit.

3.3. DÉVELOPPEMENT EXPÉRIMENTAL

Durant le développement de ce produit, les étapes suivantes ont été suivies:

- 1. Analyse du marché:** l'objectif de cette étape était de faire connaître aux professionnels du secteur l'état du marché et les tendances en produits laitiers et aliments fonctionnels, afin de mieux positionner le nouveau produit sur le marché.
- 2. Aspects juridiques:** la dénomination associée au nouveau produit a été définie lors de cette étape. La dénomination fromage ne pourra être utilisée, étant donné que l'enrichissement est effectué à l'aide d'ingrédients ou de matières grasses, dont l'origine n'est pas exclusivement laitière. La législation en matière d'étiquetage [23] et d'allégations sur les aspects nutritionnels et de santé [24] a également été vérifiée.
- 3. Viabilité technologique :** l'enrichissement en oméga-3 du fromage de chèvre est réalisé en ajoutant une huile ou un mélange d'huiles végétales. Pour définir la viabilité de ce nouveau procédé et en tenant compte du fait qu'il ne peut pas y avoir de changements trop importants ou qui affectent les coûts, une nouvelle étude du procédé de fabrication actuel doit être réalisée.
- 4. Sélection de l'huile:** La sélection de l'huile ou du mélange d'huiles est d'une importance cruciale. Afin de pouvoir utiliser les allégations nutritionnelles, le produit final devra contenir une quantité minimale d'oméga-3. Pour cette raison, le choix des huiles naturellement riches en oméga-3 est très important, ainsi que leurs propriétés sensorielles (aspect, goût / saveur) et fonctionnelles. De plus, selon le cahier des charges du projet, le développement du produit doit être totalement biologique. Une étude des huiles biologiques, disponibles sur le marché, a donc été réalisée.
- 5. Élaboration-formulation du produit:** Cette étape est décrite plus bas.
- 6. Étude analytique:** le produit a une durée de vie de 55 jours. Cette étape permet de contrôler la composition et les proportions de matières grasses, en plus d'évaluer l'impact que l'incorporation d'huiles végétales a sur la stabilité à l'oxydation du produit (grâce à un essai de vieillissement et une comparaison avec un produit de référence).
- 7. Test de production industrielle:** les essais d'industrialisation consistent à passer de la production à l'échelle de laboratoire (essais réalisés à l'ITERG) à la production industrielle et à transférer sur le lieu de fabrication le mode d'incorporation de l'huile développé en laboratoire.

“

Lors de ce projet, un fromage de chèvre biologique, enrichi en oméga-3, a été élaboré.

”

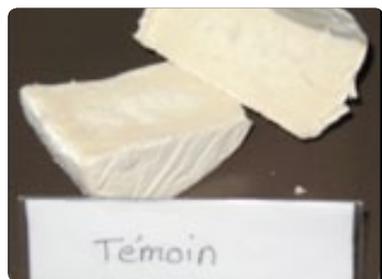


Figure A



Figure B



Figure C



Figure D

Figure 5 : Rouleaux de fromage de chèvre élaborés selon différentes formulations. A) contrôle, B) avec de l'huile de noix, C) mélange d'huile d'olive / d'huile de noix et mélange d'huile de lin / d'huile de amandons de pruneau, D) mélange d'huile de lin / d'huile de amandons de pruneau

Formulation du produit :

Afin de savoir comment « élaborer » le fromage de chèvre, les premiers essais pilotes ont été effectués en laboratoire. Des fromages de chèvre à base de lait concentré, non enrichi en oméga-3 ont été fabriqués.

Après avoir établi le procédé, une seule formulation a été réalisée, à base d'huile, pour étudier l'incorporation de celle-ci, lors du procédé d'élaboration du fromage de chèvre. L'huile sélectionnée était une huile de noix (en raison de ses caractéristiques de organoleptique). Comme aucune difficulté ne s'est produite durant ce test, durant les suivants, des huiles différentes ont été utilisées (lin et chanvre) et un mélange d'huiles (lin + amandon de pruneau et d'olive + noix). L'huile d'olive et celle de amandon de pruneau ont été sélectionnées uniquement pour leur goût / saveur. Par contre, l'huile de lin et de chanvre ont été choisies en raison de leur teneur en oméga-3.

Une fois formulés, les fromages ont été envoyés à l'usine pour les façonner et compléter leur affinage. Ensuite, ils ont été expédiés à l'ITERG pour être caractérisés sensoriellement.

Pour pouvoir déclarer que le produit obtenu est « Source d'acides gras oméga-3 », celui-ci doit contenir au moins 0,3 g d'acide alpha-linolénique par 100 g et par 100 kcal, ou au moins 40 mg de l'addition d'acide eicosapentaénoïque et d'acide docosahexaénoïque par 100 g et par 100 kcal. De la même façon, pour pouvoir déclarer « Teneur élevée en acides gras oméga-3 », le produit doit contenir au moins 0,6 g d'acide alpha-linolénique par 100 g et par 100 kcal, ou au moins 80 mg de l'addition d'acide eicosapentaénoïque et d'acide docosahexaénoïque par 100 g et par 100 kcal.

3.4. RÉSULTATS

Pour que l'entreprise puisse positionner le nouveau produit sur le marché et orienter sa stratégie de marketing et communication, les catégories de produits laitiers, présentes sur le marché, ont été revues (laits, crèmes, fromages, yaourts, desserts lactés, fromages blancs, beurres). Aucun type de fromage de chèvre, porteur d'allégations relatives aux acides gras oméga-3, n'a été trouvé sur le marché. Les caractéristiques à souligner dans les fromages de chèvre font référence à la méthode traditionnelle d'élaboration et à leurs caractéristiques sensorielles (aspect du fromage, type de croûte, ou texture et goût / saveur).

Actuellement, il n'existe qu'un seul fromage sur le marché, ayant une allégation concernant sa teneur en oméga-3 sur son étiquette. Il s'agit du fromage frais Balade Oméga-3, de l'entreprise belge CORMAN (groupe BONGRAIN), qui possède les allégations suivantes: « Riche en acides gras essentiels oméga-3 », « (30 g) apportent 22,5% de la quantité quotidienne recommandée par les nutritionnistes ». De plus, la marque SOIGNON, du groupe EURIAL, annonce comme innovation ou tendance sa teneur réduite en sel (« Avec 25% en moins de sel ») et un fromage allégé.

Plusieurs innovations de ce produit ont été trouvées sur le marché. Il existe des nouveautés concernant sa composition, pour laquelle est utilisée un mélange de plusieurs fromages, ainsi que des innovations de présentation, concrètement sa forme, la quantité de fromage et son type d'emballage.

En ce qui concerne les aspects réglementaires, le nom *fromage* ne peut plus être utilisé, s'il est enrichi en oméga-3. L'entreprise attend un communiqué officiel de la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes concernant la ou les dénomination(s) possible(s). En outre, en fonction de la teneur en acides gras oméga-3, l'allégation nutritionnelle de « source d'acides gras oméga-3 » pourrait être incluse, selon le Règlement 116/2010, qui modifie le Règlement 1924/2006.

Quant aux essais de formulation, les résultats obtenus sont présentés sur la figure 5.

D'après ce qui a été décrit au point 3.3, le fromage de chèvre commercialisé par l'entreprise, a, tout d'abord, été élaboré en laboratoire. Cet échantillon a été utilisé comme contrôle (figure 5A) pour le comparer au reste de fromages élaborés avec de nouvelles formulations.

Puis, un essai avec de l'huile de noix a été effectué (figure 5B). L'aspect de cet échantillon est très proche de celui de l'échantillon de contrôle. Cependant, sa texture en bouche est plus butyreuse.

Concernant le reste d'essais de formulation, les fromages élaborés avec de l'huile de chanvre et un mélange d'huiles d'olive et de noix ont été rejetés, car ils avaient un petit goût piquant. Les fromages, comportant de l'huile de noix, ont présenté un goût / une saveur intense. Contrairement à l'huile noix, l'ajout ou l'utilisation d'huile de lin n'a pratiquement pas changé le goût / la saveur du produit obtenu.

Ainsi, de nouvelles formulations ont été considérées : a) un fromage à base d'huile de lin et de noix pour atténuer la saveur de la noix, b) un fromage à base d'huile de lin et d'olive, c) un fromage à base d'huile de colza et de noix et finalement, un fromage à base d'huile de noix, mais en moindre quantité. Ensuite, nous avons analysé la composition en acides gras et la teneur en oméga-3, qui a été supérieure à l'objectif fixé (2,4%).

La figure 5C permet de comparer l'aspect de la plupart de ces formulations (mélange d'huile d'olive / d'huile de noix et mélange d'huile de lin / d'huile d'amandon de pruneau) avec l'échantillon de contrôle. L'essai avec le mélange d'huile de lin / d'huile de noyau de prune se différencie de l'échantillon de contrôle en présentant un jaune plus intense. Cela peut s'expliquer par la susceptibilité à l'oxydation du mélange, qui entraîne la modification de certaines de ses propriétés sensorielles. Les résultats des essais de vieillissement permettront de justifier les recommandations concernant la stabilité à l'oxydation des différents échantillons. La figure 5D permet de valider la bonne reproductibilité des essais, deux échantillons sont présentés, ayant un aspect très semblable, élaborés avec un mélange d'huile de lin / d'huile d'amandon de pruneau.

Les résultats de l'étude, actuellement en cours, sont prometteurs, car l'incorporation d'une huile végétale ou d'un mélange d'huiles au fromage a été satisfaisante. L'évaluation sensorielle déterminera le choix de la formulation définitive du fromage.

4. CONCLUSION

Le message clé concernant l'apport de matières grasses à notre alimentation est simple: **ni peu, ni trop...** mais de **qualité**. Différentes stratégies sont possibles pour atteindre cet objectif: la diminution de la teneur en matières grasses et / ou la modification de la proportion d'acides gras (moins de quantité en acides gras saturés au bénéfice des monoinsaturés, ainsi qu'un rapport optimisé entre polyinsaturés oméga 6 et 3).

L'exemple du projet d'enrichissement du fromage de chèvre avec des acides gras oméga-3 démontre que la nutrition et la santé sont des thèmes de plus en plus répandus, dans le monde industriel du secteur agroalimentaire, pour répondre aux exigences des consommateurs en produits « naturels » avec un faible niveau de transformation.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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 sur: <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 Mars 2010. Disponible sur: <http://www.afssa.fr/Documents/NUT-2006sao359.pdf>
- Dubois V, Breton S, Linder M, Fanni J, Parmenier 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]. [cité Février 2009]. Disponible en: www.anses.fr/Documents/PASER-Ra-IN-CA2.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 [cité 6 Juillet 2012]. Disponible sur: <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 [cité 4 Juillet 2012]. Disponible sur: <http://economie-magazine.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. Mars 2009.
- RIA (Revue de l'Industrie Agroalimentaire). Creamiz réduit la matière grasse. RIA Décembre 2009;707:45.
- Club PAI Produits alimentaire Intermédiaires [Internet]. Juin 2010;(176). Disponible sur: <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 Juillet 2004;648:48-50.
- FOODNAVIGATOR Database. Discover Cosucra's new inulin types [Internet]. 1 avril 2008. Disponible sur: <http://www.foodnavigator.com/smartlead/view/200160/4/Discover-Cosucra-s-new-inulin-types>
- Club PAI Produits alimentaire Intermédiaires [Internet]. Juin 2009;(164). Disponible sur <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]. Juin 2003. Disponible sur: <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/054000125-acides-gras-de-la-famille-omega-3-et-systeme-cardio-vasculaire-interet-nutritionnel>
- 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 Mai 2010. Disponible sur: <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 Novembre 2010. Disponible sur: 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 [cité 28 Juin 2012]. Disponible sur: <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 (source Eurostat). 2012.
- Règlement (UE) n. 1169/2011, du 25 octobre, concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires (JOUE L 304) [Internet]. 22 Novembre 2011. Disponible sur: 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 sur: 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; Mai 2012:6-7.

CHAPITRE 3

DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES ALIMENTS

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)

Index

1. INTRODUCTION	42
1.1 Situation actuelle.....	42
1.2 Tendances du marché pour les produits dont la teneur en sel est réduite.....	43
1.3 Fonctionnalité du sel dans les aliments.....	44
1.4 Stratégies de diminution de la teneur en sel dans les aliments	45
2. DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES PRODUITS CARNÉS TRANSFORMÉS	46
2.1 Stratégies applicables aux produits carnés	46
2.2 Cas pratique : diminution de la teneur en sel dans le jambon sec	47
2.2.1 Objectif	47
2.2.2 Comment cela a-t-il été fait ?	47
2.2.3 Résultats	48
3. DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES OLIVES	49
3.1 Stratégies applicables aux olives.....	49
3.2 Cas pratique: diminution de la teneur en sel dans les olives	49
3.2.1 Objectif	51
3.2.2 Comment cela a-t-il été fait ?	51
3.2.3 Résultats	52
4. CONCLUSIONS	53
5. REMERCIEMENTS	53
6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	54

1. INTRODUCTION

1.1 SITUATION ACTUELLE

Différentes études épidémiologiques ont démontré le rapport entre la consommation de sodium et l'hypertension, qui est à la fois un facteur de risque important dans le développement de maladies cardiovasculaires et rénales [1]. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande une consommation de sodium inférieure à 2 g (5 g de sel) par jour. Cependant, dans la plupart des pays européens, celle-ci oscille entre 8 et 12 g.

La contribution à la consommation de sel des différents groupes d'aliments varie entre les divers pays européens, ce qui reflète les différences entre leur alimentation (figure 1). Dans tous ces pays, la contribution la plus importante de sel à l'alimentation vient de la consommation de céréales et de produits de boulangerie, de produits carnés, de produits laitiers et de plats cuisinés. La comparaison entre les pays doit tenir compte des différences dans le classement des produits par catégorie (par exemple, les plats cuisinés sont considérés comme une catégorie indépendante uniquement en Espagne, en Allemagne et au Danemark). De plus, le fait que la valeur de la catégorie « Autres » soit à 5 % au Danemark et à 41 % en Allemagne indique que chaque pays classe les produits de façon distincte.

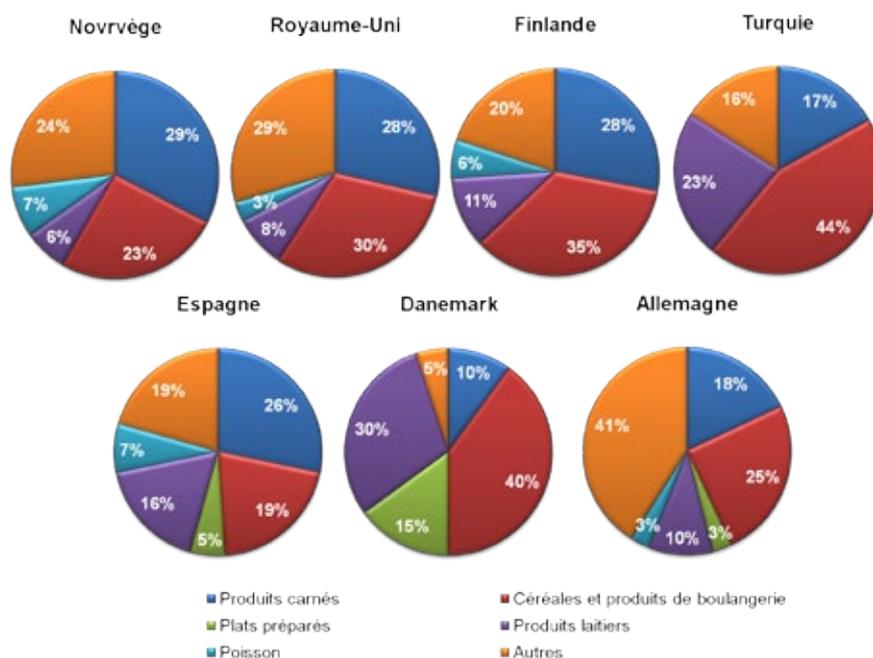


Figure 1 : Estimation de la contribution des différents groupes d'aliments dans la consommation totale de sel dans certains pays européens [2-9]

Les bénéfices en matière de santé qui peuvent être atteints en diminuant la consommation de sel ont donné lieu à de nombreuses initiatives dans différents pays de l'Union Européenne. Dans ce contexte, l'industrie alimentaire est mise au défi de mettre à disposition des consommateurs une gamme de produits dont la teneur en sel est réduite. Néanmoins, la diminution de la teneur en sodium / sel est compliquée dans de nombreux cas, en raison du rôle que joue le sel dans les aliments. C'est pourquoi, la recherche dans ce secteur se concentre sur des solutions qui ne compromettent pas la sécurité alimentaire et les caractéristiques sensorielles du produit final.

L'étiquetage et la publicité d'un nombre croissant d'aliments dans l'UE se font l'écho des allégations nutritionnelles. Pour garantir un niveau de protection élevé des consommateurs et faciliter à ces derniers le choix entre différents aliments, les produits doivent être correctement étiquetés. Le règlement 1924/2006 établit les dispositions spécifiques relatives à l'utilisation d'allégations nutritionnelles et de santé des aliments [10]. L'annexe du règlement 1924/2006 définit les allégations possibles et les conditions applicables en ce qui concerne

les informations sur la teneur en sodium / sel indiquées sur l'étiquetage, selon le degré de réduction. Ainsi, l'allégation « Teneur réduite en sodium / sel » sera uniquement applicable si la diminution est, au minimum, de 25 % par rapport aux valeurs de teneur en sodium / sel du produit alimentaire standard. Les allégations « faible » ou « teneur en sodium / sel très faible » ne pourront être indiquées que si le produit ne contient pas plus de 0,12 g ou 0,04 g de sodium, ou sa valeur équivalente en sel, pour 100 g ou pour 100 ml de produit, respectivement. « Sans sodium ou sans sel » est une allégation applicable uniquement aux aliments qui ne contiennent pas plus de 0,005 g de sodium, ou sa valeur équivalente en sel, pour 100 g ou 100 ml. .

1.2 TENDANCES DU MARCHÉ POUR LES PRODUITS DONT LA TENEUR EN SEL EST RÉDUITE

La tendance à développer des produits avec moins de sel vient de la demande des consommateurs et des autorités sanitaires de chaque pays pour atténuer les effets négatifs sur la santé. De plus, avec la diminution de la teneur en sodium, il est possible de modifier le profil nutritionnel des aliments, en permettant ainsi de les positionner sur le marché avec une image d'aliment plus « sain ». C'est pourquoi, les entreprises sont de plus en plus intéressées à réduire la teneur en sel de leurs produits. La figure 2A montre le nombre de nouveaux produits introduits sur le marché européen, avec l'allégation « produit avec une teneur réduite ou faible en sodium », depuis janvier 2009 jusqu'à décembre 2011. Les pays indiqués sont les dix pays qui ont lancé le plus de produits de ce type sur le marché. Par ailleurs, il y a une augmentation du développement de ce type de produit sur la même période (figure 2B).

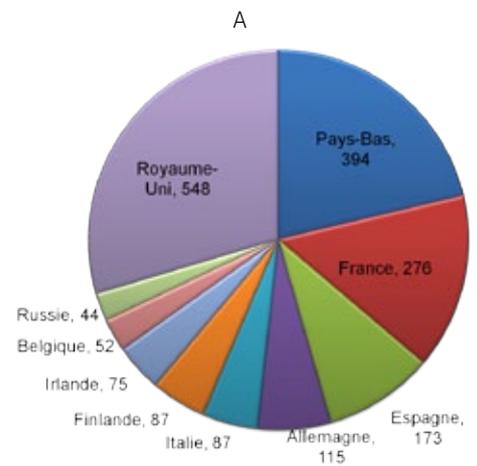
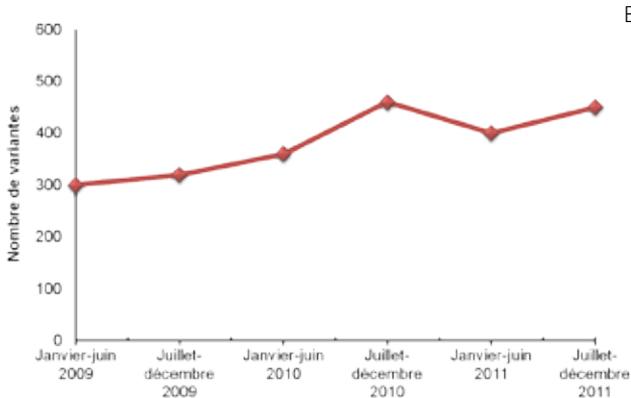


Figure 2 : Typologie (A) et évolution (B) des produits lancés sur le marché avec l'allégation nutritionnelle « produit avec une teneur réduite ou faible en sodium » en Europe (2009-2011) [11]

Les catégories de produits qui ont le plus fait l'objet d'innovation sur la thématique « teneur réduite / faible en sel » en Europe durant les années 2009-2011 (figure 3) ont été les aliments pour bébés, les sauces et les condiments, les céréales pour le petit déjeuner, les produits de snacking, les produits laitiers, les produits de boulangerie et les produits transformés. La figure 4 montre quelques exemples de ces produits, les informations employées pour attirer l'attention du consommateur et le pays où ils ont été lancés.

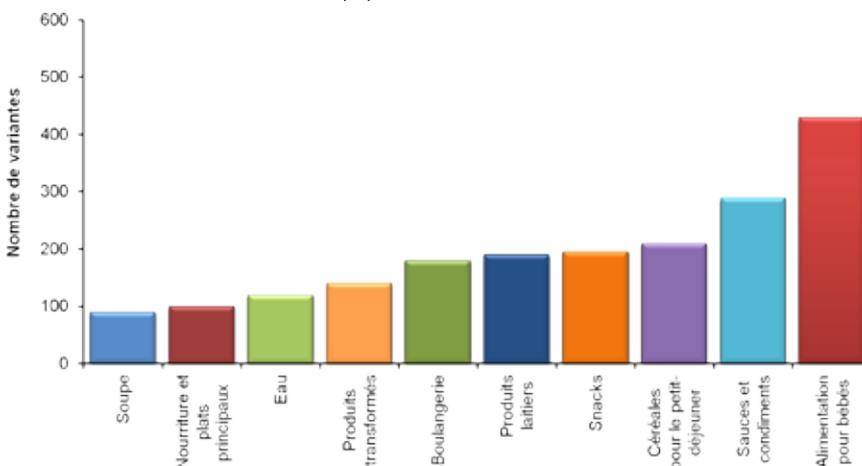


Figure 3 : Catégories de produits avec une teneur réduite / faible en sel développés en Europe durant la période 2009-2011 [11]

	Informations et allégations spécifiques (pays de lancement)		Informations et allégations spécifiques (pays de lancement)
	Sauce tomate Sans sel ni sucre ajouté. Sans gluten, colorants ni conservateurs. Espagne		Sauce Sauce tomate organique, teneur en sodium réduite (France)
	Plat cuisiné Morue surgelée frite, faible teneur en sel Espagne		Soupe de volaille Bouillon doux de poulet et de légumes avec 25% de sel en moins, faible teneur en matières grasses, sans conservateurs ni gluten. Espagne
	Plat cuisiné Spaghettis à la bolognaise. Faible teneur en sel (France)		Olives farcies Contient 40 % de sel en moins. Espagne
	Biscuits à base de farine complète Sans sucre ajouté, faible teneur en sel, enrichis en calcium et en fer. Riches en acides gras insaturés. Espagne		Snacks Sans additifs, conservateurs, sans sel ajouté et sans gras trans. (Pays-Bas)
	Produits fumés Lard naturel, fumé, avec 70% de sel en moins, sans gluten. Espagne		Jambon cuit Contient 25 % de sel en moins. (France)

Figure 4 : Produits « innovants » à faible teneur ou réduite en sel (2009-2011) [11]

1.3 FONCTIONNALITÉ DU SEL DANS LES ALIMENTS

Le sel est un ingrédient largement utilisé dans la transformation des aliments, en raison de ses propriétés et de son faible coût. Le sel joue un rôle technologique important. Dans la plupart des cas, le sel est responsable des propriétés de texture du produit transformé. Il agit également sur la stabilisation microbiologique du produit [12], jouant le rôle d'agent bactériostatique dû à la diminution de l'activité de l'eau. En outre, il amplifie la saveur et donne aux aliments le goût salé [13,14]. Cependant, selon le type d'aliment, le sel peut remplir des fonctions spécifiques différentes et sa diminution peut affecter différemment le produit final.

Dans le cas des produits de boulangerie, le sel est utilisé pour améliorer le goût du produit [15]. Sa présence modifie la couleur des produits de panification et la rhéologie des pâtes. La mie des produits de panification sans sel est plus blanchâtre, des changements de texture apparaissent et la croûte présente des couleurs plus ternes, mates et claires. Le bicarbonate de sodium et les acides levants sont les principales sources de sodium dans les produits cuits au four [16].

Dans les produits carnés, le sel exerce une action bactériostatique [17], freine l'activité enzymatique [18,19], augmente la capacité de rétention de l'eau des protéines myofibrillaires [20] et modifie la couleur [21], la texture [22,23], le goût et l'arôme [24].

Dans le fromage, comme dans les produits précédents, le sel est le principal déterminant de l'activité de l'eau et exerce donc un contrôle sur la croissance microbienne, l'activité enzymatique et les modifications biochimiques qui se produisent pendant les processus de maturation et d'affinage [25]. Le fromage salé présente une texture ferme, alors que le fromage sans sel se caractérise par une texture moelleuse et crémeuse.

Dans les légumes en conserve, le sel augmente la consistance, le goût et la conservation [15, 26, 27], réduit les changements de texture des légumes dus à des traitements thermiques [28] et fournit les conditions appropriées pour mettre en œuvre la fermentation [26, 29].

1.4 STRATÉGIES DE DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES ALIMENTS

La diminution ou l'élimination totale du sel dans les aliments est compliquée en raison des fonctions mentionnées précédemment. Néanmoins, il existe des stratégies distinctes pour atteindre cet objectif, qui sont plus ou moins appropriées, en fonction des caractéristiques du produit alimentaire.

La première et plus évidente des modifications est l'ajout de moins de NaCl durant la fabrication du produit. Il faut, cependant, déterminer la teneur minimale nécessaire pour ne pas modifier la qualité sensorielle et microbiologique du produit. La substitution totale ou partielle de NaCl par d'autres sels est une pratique commune dans l'industrie alimentaire. Les sels inorganiques proposés pour remplacer le NaCl sont les chlorures de potassium (KCl), de calcium (CaCl₂) et de magnésium (MgCl₂). Le KCl est le substitut de NaCl le plus utilisé, car il préserve les fonctionnalités propres au NaCl. De plus, les sels de sodium comme les potassiques de lactate sont utilisés dans l'industrie alimentaire, car ils sont capables de réduire l'activité de l'eau.

Il existe également un large groupe de composés qui, par eux-mêmes, n'apportent pas un goût salé, mais qui, lorsqu'ils sont utilisés en combinaison avec le NaCl, renforcent la saveur salée, voire améliorent leur palatabilité [30]. Ce sont les exhausteurs de goût. Ils agissent en activant les récepteurs de goût dans la cavité buccale et aident à compenser la diminution de la perception de goût salé provoquée par la réduction de la teneur en sel de l'aliment [31]. L'exhausteur le plus utilisé est le glutamate monosodique, qui, en combinaison avec des nucléotides, comme l'inosinate disodique (E-631) et le guanylate disodique (E-627), augmente l'intensité du goût des aliments [32]. D'autres exhausteurs sont les peptides et les acides aminés qui proviennent de l'hydrolyse chimique des protéines. Des épices et des herbes aromatiques sont également utilisés pour fournir du goût et de l'arôme et à la fois, masquer les effets de la diminution de sel.

La modification physique de la forme du sel est une autre stratégie qui ne demande pas la participation d'autres composants chimiques, elle se base sur la perception du goût salé et dépend de la taille des cristaux et de leur état cristallin. Une taille inférieure des cristaux est associée à une perception plus rapide du goût salé et il en faut, par conséquent, moins de quantité pour expérimenter la même intensité de goût.

Il existe d'autres stratégies qui sont spécifiques à chaque produit. Dans les paragraphes suivants, deux stratégies spécifiques aux produits carnés et aux olives sont décrites. En outre, des exemples pratiques sont montrés pour savoir comment diminuer la teneur en sel dans le jambon sec et les olives.

“

La diminution de sel dans les aliments est complexe, en raison des fonctions technologiques qu'il remplit. Il existe, néanmoins, différentes stratégies pour atteindre cet objectif, sans diminuer la qualité et / ou la sécurité alimentaire du produit

”

2. DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES PRODUITS CARNES TRANSFORMES

Le sel est un ingrédient essentiel dans la fabrication de produits carnés crus-secs et cuits. Plusieurs études montrent les quantités indicatives de sel à ajouter dans les différents groupes de produits carnés pour maintenir une qualité acceptable [33]. Dans le cas de charcuterie sèche, une diminution de la teneur en sel de 2,8 % à 2,4-2,2 % de NaCl donne lieu à un produit avec un profil similaire au profil standard. Néanmoins, des teneurs de 1,8 % de NaCl ne sont pas suffisantes pour donner une stabilité au produit [34]. Dans les produits cuits, hachés, il suffit de 1,5-1,7 % et dans le cas du jambon cuit, il en faut 1,8-2,0 % [35].

Dans certains cas, ces diminutions peuvent être atteintes ou même dépassées, en modifiant les formulations ou les procédés, ou en combinant différentes stratégies, comme celles décrites ci-dessous.

2.1 STRATÉGIES APPLICABLES AUX PRODUITS CARNÉS

Sélection des matières premières

Les caractéristiques des matières premières sont importantes pour adapter et optimiser le procédé de fabrication de tout produit carné. Ainsi, il existe, par exemple, un rapport entre les caractéristiques des matières premières (pH, épaisseur de graisse sous-cutanée, teneur en graisse intramusculaire et conformation des pièces de jambon) et les paramètres de texture et de couleur de la coupe du jambon sec [22,36,37]. Dans le cas du jambon cuit, le pH et la capacité de rétention de l'eau affecte la couleur, la texture et le rendement. De plus, ces paramètres technologiques influent significativement sur la capacité d'absorption du sel et doivent donc être considérés quand leur teneur est réduite. Pour choisir les matières premières en fonction de ces caractéristiques, il faut utiliser des technologies non-destructives qui peuvent être introduites en ligne dans l'industrie.

Actuellement, il existe des technologies en cours de développement, déjà implantées sur le marché qui permettent de classer les matières premières pour ensuite les destiner au procédé / produit le plus approprié. Ainsi, par exemple, il existe des technologies basées sur l'atténuation de rayons X (systèmes d'inspection par rayons X, tomographie), sur l'induction magnétique (Ham Grading System) [38], sur la vision artificielle en combinaison avec des capteurs de pH (Meat quality scanner) et celles basées sur les ultrasons de signal [39].

Modification des opérations de transformation

Les problèmes de stabilité associés à la diminution de la teneur en sel exigent l'utilisation de techniques qui accélèrent le procédé de salage, c'est-à-dire qui facilitent l'absorption et la répartition du sel dans la matrice. Le désossage des jambons frais et leur salage ultérieur dans un tambour est un exemple de ces processus. Divers auteurs ont démontré qu'il est possible d'obtenir un produit avec une teneur réduite en sel, sûr et sans défauts, en utilisant ce type de procédés [40].

Dans le cas de la charcuterie sèche, crue, le séchage de tranches grâce au système Quick Dry Slice (QDS®) peut aider à élaborer des produits avec une teneur réduite en sel, étant donné que le séchage est directement réalisé sur le produit en tranches et non pas sur la pièce entière. Le système QDS® permet d'obtenir des produits sans sel ajouté, microbiologiquement sûrs et sensoriellement acceptables grâce au remplacement total du NaCl par du lactate de potassium et du KCl, avec un temps de production beaucoup plus court que d'habitude [41].

Caractérisation du produit durant et à la fin du procédé de fabrication

Il existe plusieurs technologies non destructives basées sur la spectroscopie infrarouge [42],

les micro-ondes [43] ou les rayons X [44] qui permettent de caractériser le produit durant le procédé de fabrication et / ou à la fin de celui-ci. Ces informations facilitent le développement de produits avec une teneur réduite en sel ou avec une valeur établie. D'autres, comme la tomodensitométrie, permettent l'optimisation des procédés de fabrication du jambon sec [45], car les renseignements obtenus sur la teneur en sel, l'eau et aw à l'intérieur du produit permettent de décider objectivement du moment le plus adéquat pour augmenter la température sans affecter la sécurité alimentaire.

2.2 CAS PRATIQUE : DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LE JAMBON SEC

Le jambon sec est un des produits carnés les plus consommés en Espagne. Les teneurs en sel de ce produit sont très variables, en fonction du procédé de fabrication et des matières premières utilisées. Le consommateur n'est pas au courant des teneurs en sel du produit au moment de l'achat, ce qui ne lui permet pas de choisir le produit selon ses préférences et ses besoins. De plus, une partie importante des consommateurs préfèrent un produit avec un faible goût salé.

C'est pourquoi, les entreprises qui optimisent leurs procédés de fabrication pour obtenir des lots de jambons plus homogènes et / ou avec une teneur en sel plus faible ont des avantages concurrentiels face à celles qui ne le font pas. Cependant, la diminution de la teneur en sel dans le jambon sec est particulièrement compliquée, à cause de la composition très hétérogène du produit.

2.2.1 Objectif

L'objectif de cet essai pilote était de modifier un procédé de fabrication industrielle standard pour obtenir des lots de jambons plus homogènes, quant à leur teneur en sel et avec une teneur réduite de 15 % et 25 % approximativement.

2.2.2 Comment cela a-t-il été fait ?

Les installations de l'entreprise sélectionnée pour le développement de l'essai pilote ont tout d'abord été visitées. L'objectif était d'étudier et de caractériser le procédé de fabrication et d'obtenir les informations nécessaires pour identifier le point de départ et les possibles alternatives viables pour l'obtention de jambons avec une teneur en sel réduite.

Une fois les possibilités évaluées, il a été décidé d'utiliser une technologie non-destructive ; concrètement un système d'inspection par rayons X, calibré préalablement (figure 5), pour caractériser le produit durant le procédé. Le système permet de déterminer les teneurs en sel du produit pendant le procédé de fabrication et de caractériser le produit standard à la fin du procédé de salage. À partir de ces valeurs, deux niveaux de diminution ont été établis pour obtenir un produit final avec 15 % et 25 % de moins de sel.

Le procédé de fabrication standard de l'entreprise sélectionnée a inclus un massage des pièces pour éliminer de possibles restes de sang à l'intérieur. Ensuite, les jambons ont été recouverts de sel nitrifié et stockés dans des conteneurs à une température de 3-5 °C durant 11-13 jours, selon le poids de chaque pièce. C'est durant cette étape de salage que le sel qui agit comme conservateur est absorbé. Puis, les pièces ont été lavées à l'eau froide et accrochées dans des chambres d'après-salage pendant une période de 45 jours, durant laquelle le sel a pénétré vers l'intérieur du jambon. Après cette période, les jambons ont été emmenés dans les salles de séchage, où progressivement, la température a augmenté et l'humidité relative a diminué, favorisant ainsi le séchage et la maturation du produit.

Le procédé de fabrication modifié, avec lequel des lots de jambons ayant une teneur en sel plus homogène et deux niveaux de diminution de sel devaient être obtenus, a commencé de la même façon que le procédé standard. Néanmoins, après 4 jours de salage, le produit a été caractérisé par un système d'inspection par rayons X (figure 5), calibré préalablement, qui

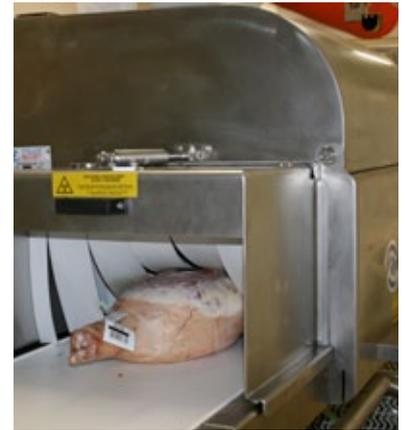


Figure 5 : Système d'inspection par rayons X (X20V G90, Multiscan Technologies, SL, Cocentaina, Espagne) utilisé pour déterminer la teneur en sel

“

L'objectif de cette étude a été de modifier un procédé d'élaboration industriel de jambon sec pour obtenir des lots plus homogènes avec une teneur en sel moindre.

”

a permis de déterminer la teneur en sel des jambons. Si la pièce atteignait la teneur en sel fixée, le procédé était terminé, alors que si la teneur était inférieure, les pièces étaient resalées avec une quantité de sel spécifique pour arriver au niveau souhaité. L'utilisation de cette technologie de rayons X a permis de soumettre chaque jambon à un procédé de resalage individuel par l'ajout d'une quantité de sel précise, nécessaire pour atteindre la teneur établie. Les procédés ultérieurs d'après-salage, séchage et maturation ont été identiques à ceux du procédé standard.

Trois lots de jambons de 72 pièces chacun ont été préparés, venant de différents abattoirs, avec des niveaux de gras et des pH distincts. Chaque lot a été soumis à un procédé distinct. 72 jambons ont suivi un procédé standard et 144 jambons, un procédé de salage modifié réduit pour obtenir une diminution de la teneur en sel de 15 % dans 72 jambons et de 25 % dans les restants. Une fois les estimations de sel réalisées après le procédé de salage et resalage (le cas échéant), les teneurs en sel des jambons des trois lots ont été estimées, avant de passer à l'étape d'après-salage. La quantité et la répartition des teneurs en sel de chacun des lots ont été évaluées.

2.2.3 Résultats

Les résultats obtenus indiquent que la modification du procédé de fabrication incorporant, dans un premier temps, la prédiction de la teneur en sel en utilisant un système de rayons X et dans un second temps, un salage spécifique des jambons qui en ont besoin, a permis d'obtenir des lots de jambons plus homogènes et une teneur en sel plus faible. Sur la figure 6 est présentée la répartition des jambons, en fonction de la teneur en sel pour chacun des lots à la fin du salage. Dans le procédé standard, une plus grande variation des teneurs en sel peut être observée, présentant une dispersion deux fois plus importante que les procédés modifiés réduits (tableau 1). Dans cette étude, une diminution de 13 % et de 27 % de la teneur moyenne en sel a été observé comparativement au lot issu du procédé industriel standard. Par conséquent, les jambons du troisième lot correspondent à la définition de « teneur en sel réduite » établie dans le Règlement 1924/2006.

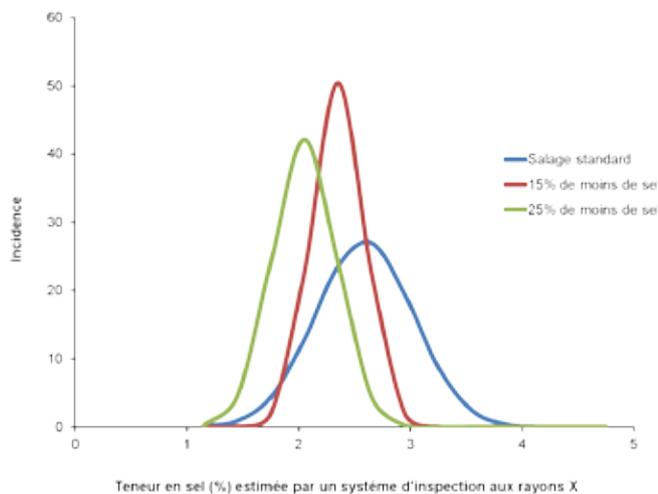


Figure 6 : Répartition des jambons selon la teneur en sel pour le lot standard et deux lots avec une teneur en sel réduite

Tableau 1 : Valeurs de sel global (%) et dispersion de chacun des lots obtenus à la fin de l'étape de salage estimées grâce à un système d'inspection par rayons X

	Moyenne % sel	Déviat ion standard
Lot salage standard	2,6	0,47
Lot 15 % de sel en moins	2,2	0,22
Lot 25 % de sel en moins	1,9	0,28

Nous pouvons donc conclure que l'homogénéisation et la diminution des teneurs en sel dans le jambon sec est possible grâce à l'utilisation de technologies non destructives basées sur les rayons X et des modifications du procédé. Bien que sa validité ait été démontrée dans cette étude, cette méthodologie et les modifications apportées doivent être adaptées à chaque type de procédé industriel.

3. DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES OLIVES

Les olives possèdent, généralement, une forte teneur en sel. Comme son goût typique est lié au goût salé, il est important que les modifications effectuées pour réduire la teneur en sel n'impliquent pas de modifications sensorielles et un rejet du produit par le consommateur. C'est pourquoi, il est non seulement nécessaire de diminuer la teneur en sel, mais aussi de le remplacer par d'autres types de sels qui contribuent à apporter le goût typique du produit et ne confèrent pas de défauts, tels que des goûts anormaux et / ou des colorations atypiques.

La législation en vigueur, selon le RD 1230/2001, du 8 novembre, qui approuve la réglementation technico-sanitaire régissant la production, la distribution et la vente des olives de table [46], indique, en termes de besoins de stockage, que l'olive assaisonnée, non pasteurisée doit contenir une concentration minimale de sel de 5%, et si elle inclut des conservateurs ou est réfrigérée 4%. Si l'olive est pasteurisée, il n'existe aucune exigence concernant la concentration minimale de sel. Mais, même dans ces conditions, la diminution de sodium dans les olives pasteurisées continue à être un défi important, car la recherche se concentre sur des solutions qui ne compromettent pas la texture et le goût du produit final.

3.1 STRATÉGIES APPLICABLES AUX OLIVES

La méthode la plus utilisée pour la conservation des olives est l'utilisation de saumure (solution de NaCl). L'emploi de sel dans les olives est principalement lié à son rôle de stabilisation microbiologique, afin d'éviter la croissance de micro-organismes pathogènes comme le *Clostridium botulinum*, *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* et les bactéries d'altération comme le *Pseudomonas spp* [47].

Entre les différentes options pour réduire la teneur en sel (substituts de sel, exhausteur de goût et l'optimisation physique du NaCl), celle qui a priori peut offrir les meilleurs résultats sur les olives est l'emploi de substituts de sel en combinaison ou non avec les exhausteurs de goût.

Le chlorure de potassium est le substitut du chlorure de sodium le plus couramment utilisé. Le KCl possède des propriétés similaires au NaCl, bien que son ajout aux olives soit limité du fait qu'il peut apporter des saveurs amères ou métalliques au produit [48]. L'emploi de combinaisons de plusieurs sels est considéré comme une bonne option. Le calcium possède également la capacité de « salage », cependant, comme le potassium, il apporte des saveurs « métalliques » ou « amères ». Le lactate de sodium à 3 % est davantage capable de réduire l'activité de l'eau que le NaCl à 3 % [47].

Dans le cas des olives, dans de nombreux cas, des additifs exhausteurs de goût salé sont incorporés, comme des extraits de levures, lactates, glutamates (principalement le glutamate monosodium) et acides aminés (lysine). Dans le cas des olives farcies, les efforts pour diminuer la teneur en sel du produit final sont réalisés principalement à deux niveaux: dans l'olive et dans la farce.

3.2 CAS PRATIQUE : DIMINUTION DE LA TENEUR EN SEL DANS LES OLIVES

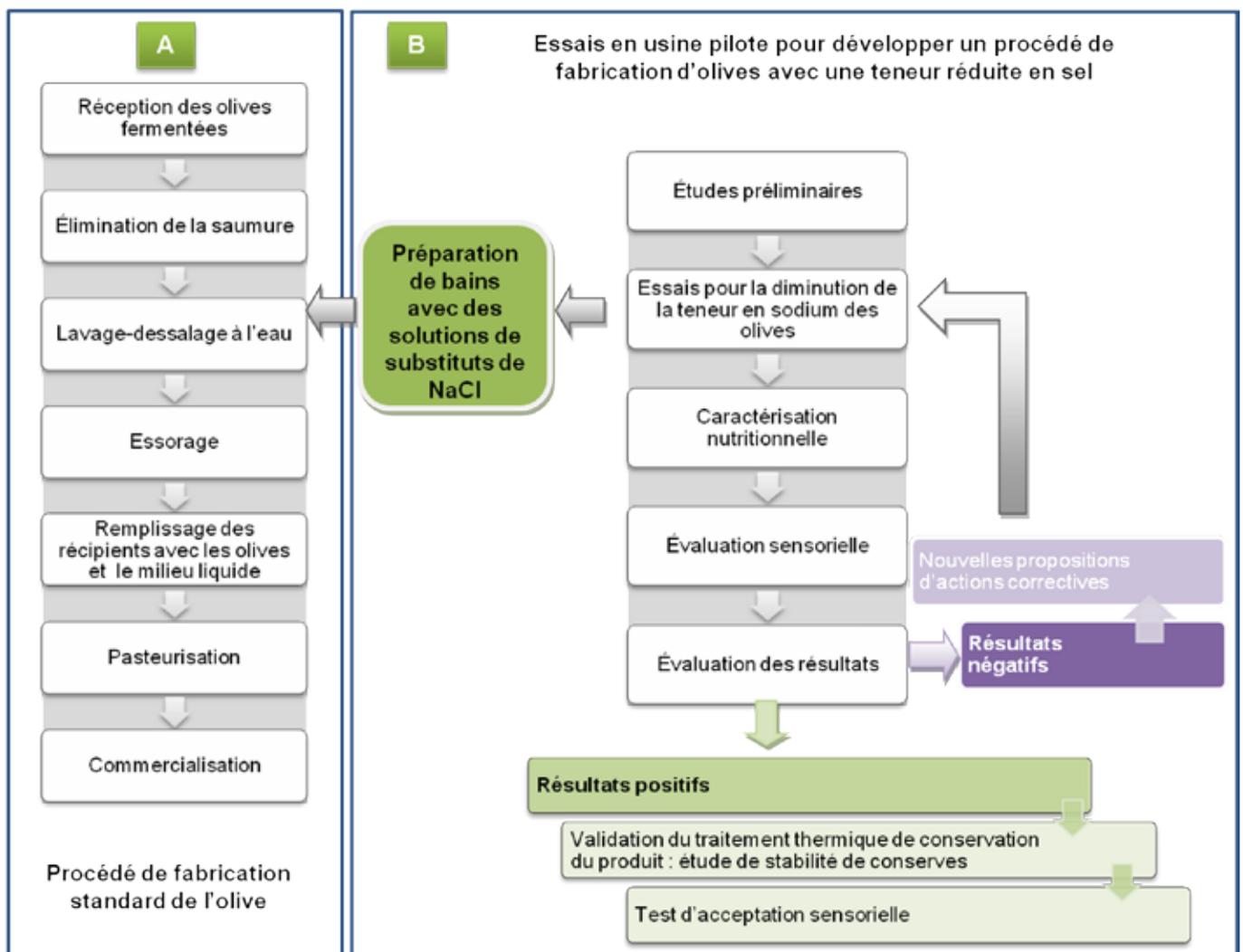
« Les olives de table sont les fruits de certaines variétés d'olivier cultivé (*Olea europaea sativa*) sains, cueillis à un état de maturité approprié et de qualité qui, soumis à des préparations adéquates, fournissent un produit comestible et de bonne conservation. Ces préparations peuvent, éventuellement, inclure l'ajout de divers produits ou condiments de bonne qualité alimentaire » [49]. Il existe principalement deux types d'olives de tables:

les olives vertes, souvent associées aux olives espagnoles et les olives noires. Les olives vertes, de style espagnol, représentent 40 % à 50 % du volume de production mondiale [50]. Dans cette étude, les olives utilisées comme matières premières étaient de type *manzanilla* (*Olea europaea pomiformis*), principales olives destinées à la production d'olives vertes assaisonnées dans de la saumure, de style espagnol ou sévillan.

Le procédé de fabrication des olives de table de « style espagnol » consiste, dans un premier temps à traiter les olives avec une solution de NaOH (soude caustique) / eaux de javel, afin d'éliminer le glucoside amer, l'oleuropéine. Puis, après un lavage pour éliminer les restes d'eau de javel, les olives sont placées dans des fermenteurs avec de la saumure. Lors du processus de fermentation dans la saumure, le sel pénètre dans la pulpe de l'olive. En fonction de la variété et du degré de maturité des fruits, la concentration initiale en sel de l'olive dans la saumure varie entre 4-8 % (p/v) [50] et 10-12% (p/v) [51]. Trois phases de fermentation sont décrites au cours desquelles se produisent des variations de pH, le développement microbien et la concentration de sel [51].

L'entreprise qui a collaboré à ce projet a reçu des bidons d'olives fermentées dans de la saumure. Avant d'être commercialisées, les olives sont soumises à diverses opérations (figure 7A). En premier lieu, la saumure est éliminée, en essorant les olives et elles sont lavées avec de l'eau pour diminuer la teneur initiale en sodium. Puis, les fruits sont placés dans les récipients (bocaux en verre, boîtes ou contenants en plastique) et une solution aqueuse aux concentrations d'acide et de sel (NaCl) nécessaires pour atteindre les valeurs d'équilibre (pH<3,5 et NaCl >5 %) est ajoutée (liquide de commercialisation).

Figure 7 : Procédé résumé de fabrication standard de l'olive dans l'entreprise choisie (A) et essais réalisés dans l'usine pilote pour le développement d'un procédé de fabrication d'olives réduites en sel (B)



Comme le montre le tableau 2, les olives transformées ont une teneur en sel élevée, ce qui est la raison principale pour laquelle les entreprises productrices souhaitent élargir leur offre en proposant un produit avec une teneur réduite en sel.

Minéral (mg/100 g)	Matières premières			Transformées
	GORDAL	MANZANILLA	HOJIBLANCA	HOJIBLANCA
Sodium	17	8	2	1313
Potassium	282	283	284	97
Calcium	19	51	53	86
Magnésium	9	14	18	37
Soufre	5	4	15	30
Phosphore	24	29	46	18
Fer	1,88	3,9	1,26	0,86
Cuivre	0,49	0,42	0,59	0,42
Zinc	0,47	0,53	0,74	0,41
Manganèse	0,08	0,18	0,12	0,12

Tableau 2 : Concentration de minéraux dans l'olive transformée et dans les matières premières [52]

3.2.1 Objectif

L'objectif de cet essai pilote était de diminuer la teneur en sodium de 25 % dans le type d'olive *manzanilla* par rapport au produit de référence de l'entreprise, tout en maintenant la qualité sensorielle et microbiologique.

3.2.2 Comment cela a-t-il été fait ?

Dans un premier temps, les installations de l'entreprise ont été visitées, afin d'étudier et de caractériser le procédé de fabrication des olives pasteurisées et d'obtenir les informations nécessaires, afin d'identifier les options possibles et viables pour l'obtention d'olives avec une teneur réduite en sel.

Pour la fabrication des olives avec une teneur réduite en sel, des olives vertes fermentées, reçues par l'entreprise en bidon de saumure, ont été utilisées. La salinité des échantillons de départ est variable et dépend du taux de sel de la saumure au moment de la réception des olives. La concentration en sel (chlorure de sodium) dans l'olive varie entre 6 et 8 % selon l'époque de l'année.

Sur la figure 7B sont montrés les étapes suivies lors de l'essai pilote pour diminuer la teneur en sel de 25 % par rapport à la teneur du produit de référence commercialisé par l'entreprise.

À l'étape des près-études, il a été décidé d'utiliser des solutions avec des substituts de NaCl pour diminuer la teneur en sodium, mais qui apportent à la fois du goût, sans avoir à les combiner à des exhausteurs de saveur. Si cela devait être appliqué au niveau industriel, cela rendrait la tâche de préparation de la nouvelle formulation de bains en phase de lavage, plus facile pour l'entreprise.

Des échantillons de produits et des produits commerciaux ont également été caractérisés d'un point de vue chimique, microbiologique et sensoriel. L'objectif de cette caractérisation chimique était d'obtenir les valeurs de référence et de pouvoir ainsi évaluer l'efficacité de l'ajout de substituts lors d'essais ultérieurs. Le produit commercial contenait environ 1,5 % de sodium. Par conséquent, l'objectif de l'étude était d'obtenir des olives avec 1,0 % de sodium.

Du point de vue microbiologique, les échantillons étaient sûrs, fait attendu dans un produit pasteurisé. Dans cette étude, comme il s'agit d'olives pasteurisées, le principal facteur limitant pour réduire la teneur en NaCl est la perte de texture, en plus de la perte de goût.

À partir de la caractérisation des olives de référence, et en tenant compte des variables du procédé, les additifs considérés comme les plus appropriés pour remplacer le sodium, ayant été utilisés, sont: le chlorure de potassium, le lactate de potassium, le lactate de sodium et le lactate de calcium.

Puis, ont été réalisés les essais de diminution de la teneur en sel. Ces essais ont été menés au niveau pilote, sur l'échantillon provenant de l'entreprise, après élimination de la saumure (figure 7A). Un total de quatre essais a été effectué (en utilisant 5 kg d'olives pour chacun d'eux) avec diverses concentrations dans les différents substituts utilisés. La concentration de chaque substitut employé a été fixée entre 7,5 et 15 %. Cette valeur correspond aux pourcentages de sel pouvant être présents dans la saumure de l'olive fermentée initiale.

Au niveau industriel, des bains successifs d'eau ne peuvent être réalisés, en raison de problèmes de déformation de l'olive. C'est pourquoi, les substituts ont été inclus lors de la phase de lavage-dessalage, avant l'ajout du milieu liquide. Ainsi, après l'essorage des olives de la saumure, un lavage-dessalage a été effectué avec de l'eau et les substituts, à température ambiante durant une période inférieure à 24 heures, afin d'éviter la déformation des olives et la diminution de la qualité sensorielle.

Une fois les bains terminés, les olives ont été essorées et emballées dans des bocaux en verre, auxquels a été ajouté le milieu liquide dans les proportions 60:40 (olive : milieu liquide). Ce milieu liquide a été formulé avec divers additifs (acide lactique, acide citrique, sorbate de potassium et acide ascorbique) pour diminuer le pH et faciliter leur conservation, sans ajout de NaCl. Tous les récipients ont été laissés au repos durant environ 15 jours, afin de favoriser et garantir l'échange d'ions jusqu'à l'équilibre, puis les résultats ont été évalués. Dans cette étude, les valeurs d'équilibre de pH atteintes sont comprises entre 3,6 et 4,3 et la concentration en NaCl < 5 %. Par conséquent, ces olives devront être pasteurisées avant leur commercialisation, car, selon la réglementation en vigueur [46], l'olive assaisonnée, non pasteurisée, doit contenir une concentration minimale de sel de 5 %.

Après la fin de chaque essai, les échantillons ont été caractérisés au niveau nutritionnel (teneur en sodium et humidité) et le pH a également été déterminé, en vérifiant qu'il restait inférieur à 4,5. Sur la base des résultats obtenus, les concentrations et substituts sélectionnés ont été ceux permettant d'atteindre la teneur minimale en sel en phase avec le taux de diminution souhaitée. De plus, une évaluation sensorielle des formulations considérées comme aptes, à la fois pour leur teneur en sel et leurs caractéristiques sensorielles (aspect, goût et odeur), a été effectuée par un jury interne d'AINIA et des techniciens de l'entreprise.

Pour compléter le projet, un traitement de pasteurisation aura lieu et plus tard, la validation du produit par une étude de consommateurs (acceptabilité).

3.2.3 Résultats

Les résultats obtenus indiquent qu'un bain initial dans l'eau avec des substituts de NaCl en solution est suffisant pour réduire la teneur en sodium aux niveaux établis.

Au moment de la publication de ce livre, l'essai pilote est en cours. Il a été montré que l'emploi de substituts de sel à hauteur de 15 % donne un goût amer et une saveur métallique non caractéristiques du produit. Les lactates sont les substituts de NaCl qui ont atteint les meilleurs résultats, tant par la texture et le goût que par le pourcentage de sodium final, quand ceux-ci sont comparés avec le produit de référence de l'entreprise.

4. CONCLUSIONS

La teneur en sel de produits transformés peut être réduite. Cependant, il est nécessaire de mettre en œuvre des technologies adaptées afin que les qualités sensorielles et sanitaires du produit final soient assurées.. L'utilisation de nouvelles technologies et l'ajout de substituts de sel peuvent aider à atteindre cet objectif.

5. REMERCIEMENTS

Ce travail a été en partie financé par l'INIA (projet RTA2010-00029-CO4-01).

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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 Novembre 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 Avril 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 sur: 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 C, 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. *Fleischwirtsch* 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 Technol* 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.

Stratégies novatrices pour développer des produits plus sains

FOODSME-HOP est un projet de coopération interrégionale, cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional à travers le programme SUDOE Interreg IV B.

Le projet permettra une amélioration de la capacité d'innovation et de la compétitivité des PME, grâce d'une part à un soutien personnalisé et des activités conçues en fonction de leurs besoins, et d'autre part à la promotion du transfert de technologie des institutions de R&D vers les PME dans le secteur de l'alimentation santé tel que la diminution et /ou substitution de matières grasses, sucres, sel et conservateurs

Agradecimientos:



STRATÉGIES NOVATRICES POUR DÉVELOPPER DES ALIMENTS PLUS SAINS

FOODSME-HOP est un projet de coopération interrégionale, cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional à travers le programme SUDOE Interreg IV B.

Le projet permettra une amélioration de la capacité d'innovation et de la compétitivité des PME, grâce à un soutien personnalisé et à des activités conçues en fonction de leurs besoins, ainsi que la promotion du transfert de technologie des institutions de R&D vers les PME dans le secteur des produits alimentaires sains: la diminution et /ou substitution de matières grasses, sucres, sel et conservateurs.

www.foodsme-hop.eu



Agencia Andaluza del Conocimiento
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPLEO



Generalitat de Catalunya
Gobierno de Cataluña



Édité par:

