



HAL
open science

OPTIFEL : un exemple de chemin d'innovation pour la construction d'aliments adaptés pour les personnes âgées.

Catherine M.G.C. Renard

► To cite this version:

Catherine M.G.C. Renard. OPTIFEL : un exemple de chemin d'innovation pour la construction d'aliments adaptés pour les personnes âgées.. Innovations Agronomiques, 2018, 65, pp.83-97. 10.15454/1.5408040088959753E12 . hal-02618048

HAL Id: hal-02618048

<https://hal.inrae.fr/hal-02618048>

Submitted on 25 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

OPTIFEL : un exemple de chemin d'innovation pour la construction d'aliments adaptés pour les personnes âgées

Renard C.M.G.C.¹, pour le consortium OPTIFEL

¹ UMR408 Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale, INRA, Université d'Avignon, F-84000 Avignon

Correspondance : catherine.renard@inra.fr

Résumé

Le projet OPTIFEL (projet européen FP7) avait pour ambition de concevoir des produits innovants à base de fruits et légumes pour l'alimentation des personnes âgées en perte d'autonomie.

Les étapes du projet: 1) identifier les besoins et les souhaits des seniors ; ces attentes ont été résumées sous forme de lignes directrices et d'un calculateur nutritionnel ; 2) imaginer des produits répondant à ces attentes, optimisés en termes de composition nutritionnelle mais surtout de goût et de texture pour qu'ils soient consommés avec plaisir, imaginer des emballages adaptés ; 3) les élaborer en utilisant les technologies adaptées et innovantes, et vérifier qu'ils remplissent les caractéristiques hédoniques, nutritionnelles et de sécurité attendues ; 4) les faire valider par des personnes âgées autonomes, fragiles ou dépendantes, en prenant en compte satisfaction exprimée et consommation effective.

Différents types de produits ont été élaborés : smoothies, compotes, bouchées (sucrées ou salées), purées, aides culinaires et soupes enrichies en protéines végétales ou vitamines et minéraux, panier personnalisé pour portage. L'incorporation de « produits OPTIFEL » dans un repas permet une augmentation significative de la consommation calorique et protéique par rapport aux produits génériques.

Mots-clés : Texture, Préférence, Supplémentation, Capacité à manger, Protéine végétale

Abstract: The Optifel project « Optimised food products for elderly populations » : a pathway to adapted foods for seniors

OPTIFEL was dedicated to the definition, elaboration and validation of attractive foods for seniors, based on fruit and vegetables. To conciliate the pleasure of eating with nutritional aims to palliate malnutrition of seniors, OPTIFEL used an integrative approach. It took into account seniors's nutritional needs but also preferences for taste, types of fruit and vegetables or modes of preparation. Their capacities for taste discrimination, eating capability, especially as related to food texture, size of portions and ease of opening of packaging were also factored in the products. The sustainability of the modes of distribution was evaluated. Selected products concepts were elaborated using traditional and innovative food processing technologies. Savoury products were enriched in proteins (enriched soups, culinary aids and vegetable purees), while sweet products were enriched in vitamins, minerals and fibers (smoothies, apple desserts, healthy confectionary and apple wedges with watermelon texture). These products were characterized for their safety during storage and reheating as well as preservation of the nutritional value of the enrichments. Hedonic rating by autonomous seniors was used to select the best recipes and products for trials in elderly people living at home and eating in community services or at home receiving meals-on-wheels in nursing homes.

Keywords: Texture, Preference, Enrichment, Eating capability, Plant protein

Introduction

La population européenne vieillit depuis les années 50 et les prévisions démographiques montrent une augmentation de ce phénomène pour atteindre un pic vers 2040. Faire face aux problèmes que pose cette évolution démographique d'une façon à la fois respectueuse des personnes et économiquement soutenable est un défi qui se pose dans quasiment tous les pays européens, comme le démontre le partenariat européen d'innovation « Active and Healthy Ageing » (https://ec.europa.eu/eip/ageing/home_en). La malnutrition du sujet âgé coûte aux services de santé européens des montants équivalents à ceux du surpoids et de l'obésité, et est un déterminant majeur de la perte d'autonomie et des problèmes de santé. Cependant cette dénutrition du sujet âgé est pour l'instant essentiellement combattue à un niveau quantitatif, soit par des prescriptions de suppléments alimentaires soit par l'élaboration de pyramides alimentaires spécifiques.

Dans la population âgée, la malnutrition et le risque de malnutrition sont très répandus, ainsi que des apports faibles en micronutriments, ce qui explique que leur régime et leurs habitudes alimentaires demandent une attention spécifique. L'anorexie du sujet âgé est une conséquence du vieillissement physiologique, mais la qualité du régime alimentaire peut aussi affecter la régénération du tube digestif, les hormones digestives, le microbiote, l'inflammation voire même le fonctionnement cérébral, tous pouvant contribuer à une perte d'appétit (Serra-Prat et al., 2013). La qualité des régimes alimentaires est faible en moyenne chez les Européens âgés, mais elle est aussi hétérogène entre les individus (Irz et al., 2013). La consommation de fruits et légumes est faible, avec en moyenne 2.6 portions alors que la recommandation est toujours de 5 portions.

Le projet européen OPTIFEL (2013 – 2017, FP7-311754) (<http://www.optifel.eu/fr/>) avait pour but de participer à combattre l'installation de la malnutrition par un changement de paradigme. En effet, le projet se propose de combattre la perte d'appétit par des aliments attirants et riches en nutriments, construits pour satisfaire en même temps les besoins nutritionnels, les attentes sensorielles et les contraintes physiques des personnes âgées, et ce à la fois dans les produits finis et dans la préparation des repas. L'hypothèse sous-jacente est que ces aliments vont améliorer la qualité de vie des personnes âgées, en préservant leur plaisir à manger tout en ralentissant la perte d'autonomie.

Pour concevoir, préparer et valider ces nouveaux produits, le projet OPTIFEL a rassemblé 26 partenaires académiques et industriels de France, Espagne, Pologne, Finlande, Grande-Bretagne, Suisse, Belgique et Turquie. Les partenaires ont tout d'abord rassemblé et acquis des données sur les besoins nutritionnels des personnes âgées, leurs attentes en termes d'espèces et de mode de préparation des fruits et légumes, leurs capacités à manger ainsi qu'à manipuler les produits et les emballages. Ils ont étudié l'évolution de la sensibilité gustative et des capacités physiques (mastication, ouverture des emballages) avec le vieillissement. Ces données ont été synthétisées et utilisées pour guider le développement d'une nouvelle génération de produits variés et goûteux à base de fruits et légumes destinés aux personnes âgées. Ces produits fortifiés en nutriments ont ensuite été élaborés en utilisant des technologies les plus adaptées ; une attention particulière a été portée à leur texture, ainsi qu'à la sécurité microbiologique et à l'évolution des propriétés nutritionnelles en cours de stockage et de réchauffage. Enfin ces produits ont été testés par des personnes âgées, à la fois dans des situations contrôlées au laboratoire et lors de repas « OPTIFEL » afin à la fois de valider leurs propriétés hédoniques et l'efficacité de la fortification lors d'un repas.

1. Structure et objectifs du projet

Le projet OPTIFEL a été structuré en deux dynamiques d'action : d'une part la conception des aliments, et d'autre part leur évaluation, articulées autour d'une tâche majeure d'élaboration des produits (Figure 1) et reliées de façon systématique par des étapes de validation, de confrontation des résultats aux attentes exprimées.

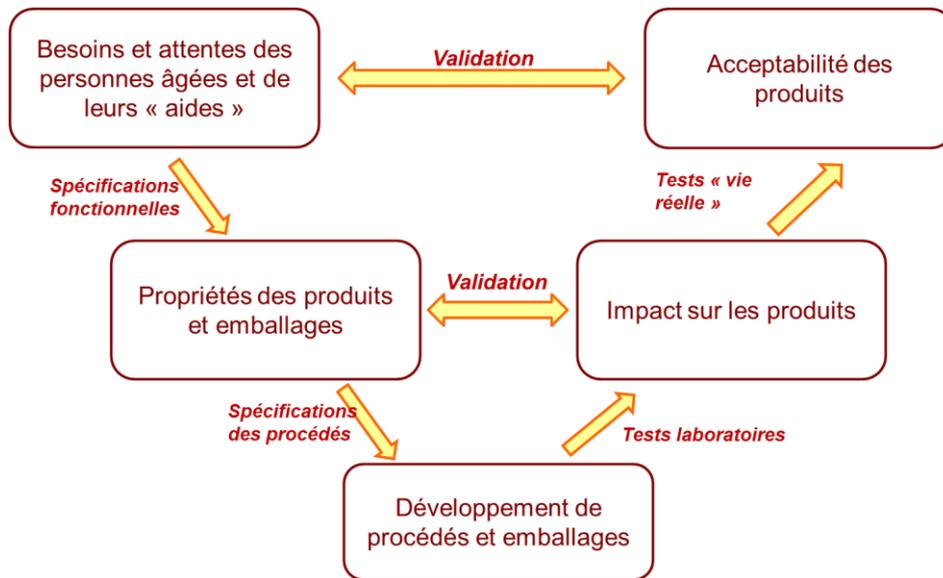


Figure 1 : La structuration du projet OPTIFEL

Les objectifs spécifiques du projet étaient donc :

- D'amener des connaissances nouvelles sur les attentes des personnes âgées en termes sensoriels, sur leurs contraintes physiques, et surtout sur leurs préférences alimentaires, en intégrant les aspects sensoriels, physiques, culturels et personnels. En ce qui concerne les contraintes physiques, l'évolution de la force musculaire et de la motricité fine ont été mises en rapport d'une part avec la capacité à manger et les propriétés des aliments qui impactent la mastication et la déglutition, et d'autre part avec le design (forme, étiquetage, forces et torque pour l'ouverture) des emballages ;
- D'évaluer le coût environnemental des systèmes de distribution des aliments pour les personnes âgées, en comparant notamment les achats individuels classiques, différents systèmes de portage ou de repas communautaires, et d'intégrer cette évaluation environnementale dans la conception même d'une alimentation pour les personnes âgées ;
- De proposer des outils pour la segmentation des personnes âgées en fonction de leurs capacités à manger et / ou de leurs capacités gustatives, afin de permettre aux industries agro-alimentaires de produire des aliments adaptés à ces populations spécifiques. De plus, la relation observée entre la force exercée par les mains et celle des muscles de la zone orofaciale peut offrir une méthode non invasive pour optimiser un choix personnalisé des textures des aliments ;
- De synthétiser les connaissances existantes sur les besoins nutritionnels, les préférences, la texture, les emballages, pour définir des lignes directrices adaptées aux industries agro-alimentaires, puis de tester ces lignes directrices pour concevoir dans le contexte du projet des produits et des solutions adaptés ;
- D'élaborer ces produits, en utilisant comme aliment de base des fruits et légumes, avec un enrichissement en protéines végétales, minéraux et vitamines selon les déficits alimentaires identifiés. Cette étape a aussi permis de mieux comprendre l'impact des procédés thermiques classiques ou innovants (hautes pressions, chauffage ohmique...) sur la texture et les qualités sensorielles des fruits et légumes, ainsi que du stockage et du réchauffage sur les risques microbiologiques et les nutriments ;

- De valider ces produits, de la production à l'évaluation sensorielle, en tenant compte des qualités sensorielles, des apports nutritionnels tant quantitatifs que qualitatifs (digestibilité des protéines), de la sécurité microbiologique ;
- De faire tester les produits élaborés par des personnes âgées, avec deux niveaux :
 - o Tout d'abord l'appréciation hédonique, avec la production de courtes gammes de différents types de produits (soupes, sauces, purées, compotes et desserts fruitiers, smoothies), et le choix des recettes préférées en fonction de l'origine géographique des personnes âgées ;
 - o Enfin leur consommation sous forme de repas complets dans des services de repas communautaires, de portage à domicile et des maisons de retraite, où ont été évaluées l'appréciation mais surtout la consommation effective.

2. Besoins et souhaits des personnes âgées

La première étape du projet était donc de faire un bilan sur les besoins mais surtout sur les préférences et les capacités des personnes âgées. Que souhaitent ces consommateurs, quelles sont leurs contraintes ?

2.1 Les fruits et légumes

Une des premières actions du projet a été la mise en place d'une enquête sur les préférences des personnes âgées en termes de fruits et légumes et de leurs modes de préparation, afin d'identifier les points communs et les différences culturelles (Mingioni et al., 2016). Cette enquête a inclus plus de 400 personnes âgées et 45 personnels de la restauration collective pour les personnes âgées, et a été conduite en France, Royaume Uni, Finlande, Pologne, Espagne et Turquie en utilisant un même questionnaire. Trois catégories de personnes âgées ont été distinguées pour les besoins de l'enquête : groupe 1 : personnes âgées ayant besoin d'aide pour les courses ; groupe 2 : personnes âgées ayant besoin d'aide pour les courses et la préparation des repas ; groupe 3 : personnes âgées vivant en maison de retraite. Globalement les fruits et légumes sont appréciés des personnes âgées, avec une préférence pour les soupes, les légumes braisés et les légumes simplement cuits à l'eau bouillante (Figure 2).

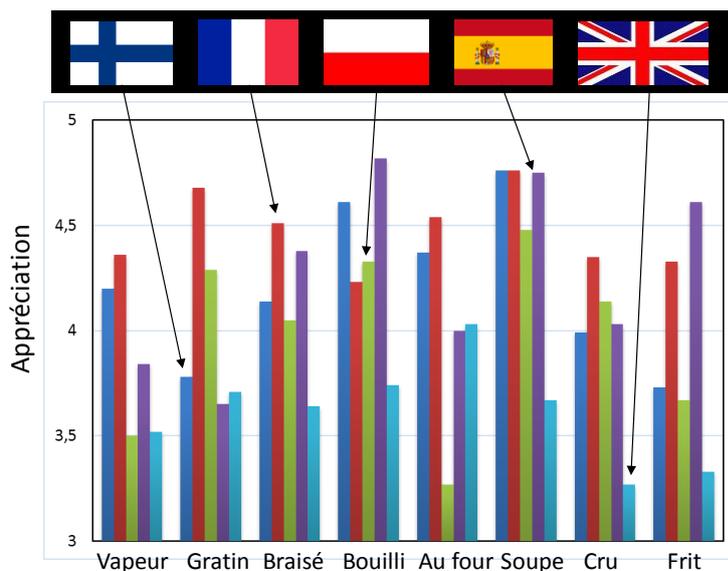


Figure 2 : Les préférences pour les différents modes de cuisson des légumes selon le pays d'origine

La question posée pour les différentes espèces de fruits et légumes était de savoir si ils ne les aimaient pas (à condition que les personnes interrogées connaissent le fruit / légume concerné). Globalement les fruits les moins rejetés étaient les pêches, prunes, pommes, poires et fraises, et les légumes les moins rejetés les petits pois, la laitue, le chou vert, les tomates en salade et les carottes cuites. En règle générale les fruits sont moins rejetés que les légumes. Cependant il y avait de fortes différences culturelles, et ainsi la betterave est plus rejetée en Espagne, et l'artichaut plus apprécié en France et Espagne (Figure 3). L'enquête a aussi été l'occasion de tester la néophobie alimentaire : les personnes âgées affirment préférer des aliments simples et des plats traditionnels, imaginés pour eux avec des ingrédients familiers. Ils perçoivent négativement la viande trop dure, des morceaux gros ou durs, les aliments secs ou au contraire les bouillons liquides, ainsi que les aliments avec des graines. En général les personnes âgées souhaitent que les aliments soient d'aspect attirant et soient adaptés à leurs souhaits. Selon le personnel de restauration, les aliments pour les personnes âgées doivent être bien cuits, tendres et mous, faciles à manger ; et les personnes âgées apprécient les fruits ou morceaux de fruits frais, pelés ou faciles à peler, les fruits et légumes mous et les légumes cuits.

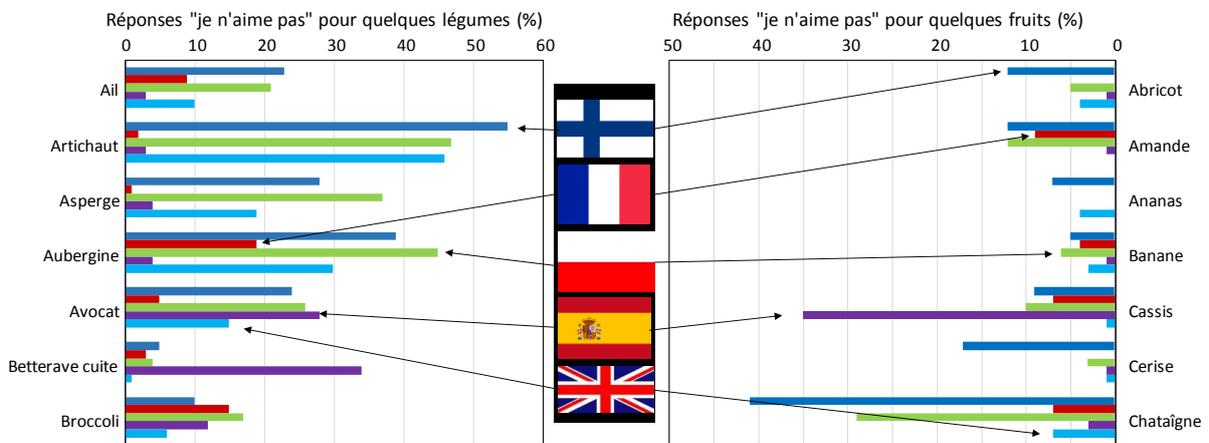


Figure 3 : Comparaison des appréciations des différents fruits et légumes selon le pays d'origine

La fréquence de consommation des fruits et légumes varie avec leur présentation (ainsi les jus sont relativement peu consommés) mais aussi avec les occasions de consommation : les légumes sont consommés plus fréquemment au déjeuner et dîner mais aussi au petit-déjeuner en Pologne.

2.2 Les emballages

La plupart des personnes âgées trouvent les emballages difficiles à ouvrir sans ustensiles. Des focus groups ont été organisés en Finlande, Suisse et Espagne pour mieux comprendre les besoins des personnes âgées par rapport aux emballages, avec trois points importants à considérer: la vision, la force et la capacité de préhension (Wenk et al., 2016). Ainsi la lisibilité implique des tailles de lettres minimales (> 1.5 mm), des caractères familiers, avec des contrastes marqués, de préférence foncés sur un fond clair et mat, et une organisation structurée. La force maximale nécessaire pour ouvrir un emballage est un facteur important, mais des considérations de design sont aussi très importantes, ainsi que les attentes et l'expérience des personnes âgées, qui sont, après tout, des consommateurs « experts ». Les personnes âgées préfèrent les emballages qu'elles peuvent réutiliser et recycler.

Une ouverture facile est ainsi associée à des mécanismes d'ouverture indiqués clairement sur l'emballage, à des bouchons à dévisser suffisamment gros et rainurés, des sachets avec des indentations bien visibles et des opercules avec des languettes assez grandes pour être faciles à prendre en main, et de surface rugueuse.

3. Les capacités des personnes âgées

Deux types de capacités ont été mesurées dans le projet OPTIFEL : d'une part les capacités sensorielles et en particulier la perception de discrimination dans des mélanges de saveurs, et d'autre part les capacités physiques, avec pour but d'identifier des tests non invasifs de la capacité à manger.

3.1 Les capacités et préférences sensorielles

Il existe de nombreuses publications qui montrent une diminution de la capacité de perception avec l'âge, mais elles se limitent en général à un goût en solution modèle. Dans le cadre du projet OPTIFEL nous voulions tester ces capacités de perception à la fois dans un aliment réel et pour des perceptions en mélange (acide et sucré). Ceci a été réalisé sur des panels groupant environ 300 personnes, en France, Espagne et Pologne (Mingioni et al., 2017). La discrimination a été testée en faisant varier la teneur en sucre et en acide malique dans des purées de pomme, un aliment familier à tous les jurés. Prises individuellement, les personnes âgées autonomes ont montré des capacités identiques à celles de jeunes adultes, alors que les résidents de maisons de retraites ont eu un succès moindre dans les tâches de discrimination.

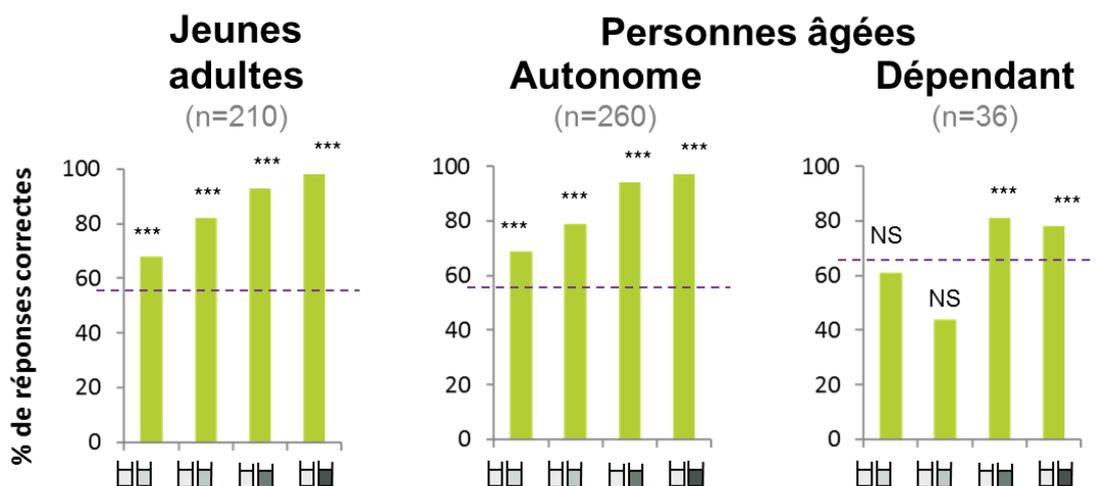


Figure 4 : Proportion de bonnes réponses obtenues à la question « quel produit est le plus sucré » pour des compotes de pommes à faible acidité (acide malique 4,71 g/kg). Chaque incrément de gris correspond à une augmentation de la teneur en sucre de 10, 20, 40 et 80 g par rapport à la référence (200 g/kg).

En moyenne les jeunes adultes et les personnes âgées autonomes sont capables de distinguer deux produits présentant soit une variation de +10 g/kg de sucre (Figure 4). Au contraire les résidents de maison de retraite ont eu besoin d'une variation d'au moins +40 g/kg de sucre pour discriminer les purées (faiblement acides). Cependant l'échantillon était plus réduit ce qui a diminué la performance statistique du groupe. Les purées sucrées étaient préférées aux purées acides, pour tous les niveaux de dépendance, mais la purée la plus sucrée (280 g/kg) était appréciée de façon différente selon les niveaux de dépendance : c'était le produit préféré des résidents de maison de retraite alors que c'était un produit clivant pour les personnes âgées autonomes, cité en proportions égales comme le produit le plus et le moins apprécié. En conclusion de cette étude, la discrimination sensorielle reste intacte chez les personnes âgées autonomes, mais diminue chez les personnes âgées dépendantes, avec une augmentation de la préférence pour le sucré. Les produits alimentaires destinés aux personnes âgées autonomes ne devraient donc pas nécessiter d'adaptation du goût, contrairement à ceux destinés aux personnes âgées dépendantes.

3.2 La capacité à manger

Le concept de capacité à manger (« eating capability ») recouvre une appréciation holistique des capacités, incluent la manipulation de l'aliment de l'assiette à la bouche puis la mastication et la déglutition (Laguna et al., 2016a). Une méthodologie pour le mesurer a été mise en place, expérimentée et affinée (élimination des tests peu performants, redondants ou trop complexes) au cours du projet (Laguna et al., 2016a, b) Des tests ont été conduits avec 200 personnes âgées en Espagne et au Royaume Uni pour mieux comprendre la capacité à manger et comment elle peut être reliée à d'autres forces musculaires (Laguna et al., 2015). Ont en particulier été mesurées la force de préhension manuelle, la force de préhension des doigts, la force maximale de morsure, la pression appliquée par la langue, la pression maximale de fermeture des lèvres et la sécrétion salivaire. Il a ainsi pu être démontré que la force de préhension manuelle est reliée de façon linéaire à la force de pression de la langue (et de scellement des lèvres) en l'absence de pathologie associée (Figure 5) et en est donc un prédicteur potentiel. La force de morsure dépend par contre fortement de l'état de la dentition et non de l'état musculaire global. Il est donc possible à partir de ces indicateurs simples d'accès d'avoir une estimation de la capacité réelle des personnes âgées pour une adaptation individuelle des repas (Laguna et al., 2016c).

Des tests ont été conduits avec des aliments réels de textures variables ainsi qu'avec des gels composites pour juger de la perception de la difficulté à les consommer. Chez les personnes âgées (30 sujets), la perception de la difficulté à manger est liée au temps de résidence dans la bouche, les personnes âgées jugeant difficile à manger les aliments qui résident longtemps en bouche. Avec des gels de k-carraghénane incluant des billes d'alginate la difficulté augmentait avec la force du gel et l'inhomogénéité des particules (Laguna et Sarkar, 2016). Ce n'est pas seulement la consistance (fermeté) d'un aliment mais aussi son hétérogénéité qui affectent le temps de résidence en bouche et le comportement buccal (nombre de mastications, temps en bouche), et donc la perception de la « difficulté » de cet aliment.

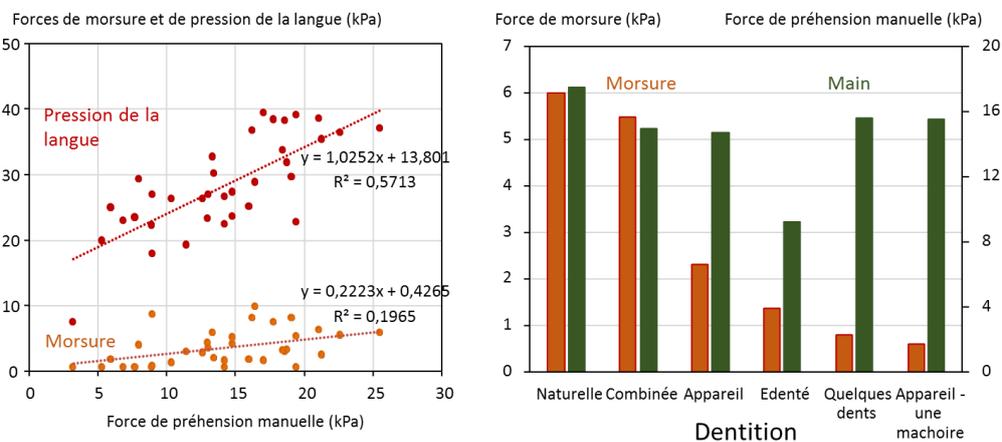


Figure 5 : Prédicteurs de la capacité à manger : relation entre les capacités oro-faciales, la force musculaire des mains et l'état de la dentition.

4. Elaboration des concepts d'aliments

Afin de compléter les spécifications des aliments à élaborer, une synthèse bibliographique a été réalisée sur les besoins nutritionnels des personnes âgées ainsi que sur les recommandations nutritionnelles nationales et les règles d'étiquetage, permettant d'élaborer un tableau de cibles de composition à atteindre. En effet, une approche de diète globale est indispensable pour les personnes âgées. La plupart des régimes liés à une bonne santé (régime méditerranéen, régime Okinawa...) ont

en commun une forte proportion de fruits et légumes. Mais à cause de la diminution des quantités ingérées avec l'âge, à un certain point les aliments « standards » ne suffisent plus à apporter tous les nutriments nécessaires et d'autres solutions (fortification pour l'augmentation de la densité nutritionnelle et calorique, augmentation de la fréquence des repas et proposition d'en-cas, augmentation du temps de repas, compléments alimentaires) deviennent nécessaires.

Tableau 1 : Concentrations recommandées en nutriments dans des aliments à base de fruits et légumes destinés aux personnes âgées. Les valeurs sont basées sur une estimation de consommation de 2 portions enrichies par jour.

| NUTRIMENT | Teneur par 100 g pour l'allégation "source de" | Teneur par 100 g pour l'allégation "riche en" | Teneur maximale* par 100 g | Observations |
|------------------------------|--|---|----------------------------|---|
| Protéines (E-%) (g/100 kcal) | **12 ***3 | **20 ***5 | | La fortification n'est pas indispensable si la diète est riche en protéines effectivement consommées. |
| Ca (mg) | 151 | 302 | 804 | La fortification est recommandée |
| Cu (mg) | 0.18 | 0.36 | 1,91 | La fortification est recommandée pour les femmes |
| Se (µg) | 8.5 | 17.1 | 123 | La fortification est recommandée pour les femmes |
| Vitamin D (µg) | 1.9 | 3.8 | 48 | La fortification est recommandée. Il existe des règles nationales |
| Vitamin E (mg) | 2.4 | 4.8 | - | La fortification est recommandée |
| Vitamin B6 (mg) | 0.225 | 0.450 | 12,5 | La fortification est recommandée |
| Folate (µg) | 45.4 | 91 | 386 | La fortification est recommandée |
| Vitamin B12 (µg) | 0.33 | 0.67 | - | La fortification est recommandée |
| | 0.38 | 0.75 | - | Valeurs basées sur la Réglementation européenne. |

* : à ne pas dépasser, basé sur les niveaux maximaux prescrits par l'EFSA (European Food Safety Agency) ;

** : E-%, calculé en % de l'énergie totale apportée ; *** : en g/100 kcal.

« riche en » : une portion contient au moins 30% de l'apport quotidien de référence, et « source de » 15%.

Une des assemblées générales du projet a ainsi été dédiée à la synthèse des observations recueillies sur les besoins et les préférences des personnes âgées, et à la présentation des produits déjà sur le marché, soit pour les personnes âgées, soit à partir de fruits et légumes. Ces informations ont été combinées avec l'expérience collective du consortium dans des séances de créativité qui ont permis d'imaginer 30 concepts de produits, dont 8 ont été priorisés pour leur élaboration.

5. Design et production des aliments « OPTIFEL »

Une tâche était dédiée à l'élaboration des aliments, en utilisant des technologies conventionnelles et innovantes et en respectant les fortes contraintes de sécurité des aliments indispensables pour cette population fragile. La plupart des procédés ont d'abord été testés à base de pomme ou carotte, qui sont à la fois bien acceptés dans toute l'Europe et largement disponibles. Cinq concepts étaient à base de fruits (purée fortifiée, bonbon santé, pomme à texture de pastèque, dessert de pomme et smoothie), et trois à base de légumes (aide culinaire, purée fortifiée, soupes à diluer).

5.1 Les produits enrichis en protéines

Les aliments dits « à texture modifiée » disponibles actuellement dans les EPHAD sont en général broyés, de couleurs neutres et fades : l'un des buts d'OPTIFEL était d'obtenir des produits avec une expérience sensorielle enrichie. Ceci est notamment passé par une approche d'optimisation rationnelle de la texture de purées. En effet il s'agit de produits complexes qui peuvent être décrits comme des suspensions concentrées de particules molles dans un sérum visqueux. Leur texture est liée principalement à la concentration en particules, modulée par leur taille et la possibilité qu'ont les particules végétales, qui sont des fantômes de parois végétales, de se tasser en se déformant (Leverrier et al., 2016). Ceci a permis l'élaboration de modèles décrivant leur comportement. L'ajout de particules insolubles, telles certaines protéines végétales, augmente nettement plus la texture des purées que l'ajout de protéines solubles. Cependant, cette incorporation de protéines végétales demande une forte attention portée à la congruence des goûts. Ainsi nous n'avons pas poursuivi l'élaboration de purées de pommes enrichies en protéines, le produit étant déjà jugé sensoriellement inacceptable par les membres du Consortium. L'option qui a été prise était la préparation de desserts, enrichis en fibres, vitamines et minéraux.

Une comparaison de différentes méthodes de stabilisation des purées (chauffage ohmique, échangeur tubulaire, appertisation) montre un impact limité du chauffage ohmique et du traitement en échangeur tubulaire, alors que le traitement en autoclave conduit à une modification marquée du goût et de la couleur. Cependant, les purées les plus enrichies n'ont pas pu être traitées sur échangeur tubulaire à cause de leur texture. L'addition de protéines végétales dans des purées de légume conduisait à des notes spécifiques, qui étaient plus sensibles dans certains produits comme la carotte ou le potimarron. Par contre, dans des aides culinaires, l'enrichissement en protéines donne des produits tout à fait acceptables sensoriellement, et ce d'autant plus que ces aides culinaires sont destinées à être utilisées avec une source de protéines animales (ici des morceaux de poulet). Il en va de même dans des soupes, une fois correctement formulées avec l'aide d'un chef pour apporter des notes de crème et d'arôme.

5.2 Les produits enrichis en vitamines et minéraux

Par ailleurs, les méthodes de la « gastronomie moléculaire », qui utilisent les propriétés physico-chimiques des macromolécules alimentaires pour obtenir des textures innovantes, peuvent être utilisées pour construire des gels associant des couleurs vives et des goûts contrastés. Ces gels peuvent être fortifiés et avoir une texture telle qu'ils peuvent être mangés avec les doigts, ce qui est particulièrement intéressant pour les patients souffrant d'Alzheimer. Dans OPTIFEL, des « bonbons santé » ont ainsi été élaborés, c'est-à-dire des produits adaptés aux préférences pour le goût sucré des personnes âgées dépendantes tout en ayant des profils nutritionnels adaptés.

Le potentiel des hautes pressions hydrostatiques pour élaborer des produits à texture intermédiaire a été testé sur des pommes, les morceaux étant par ailleurs enrichis en vitamine C et calcium. Si la texture de la chair était intéressante, texturée sans être trop ferme, la présence de la peau devenait trop prévalente et désagréable, avec des petits fragments susceptibles de se coincer dans les dents, et cette piste n'a pas été poursuivie. Par ailleurs, nous avons observé dans ces produits une diminution des teneurs en vitamines (C et B9) au cours du temps de stockage, probablement liée à la persistance des activités enzymatiques endogènes. Il en a été de même dans des purées de pomme traitées par haute pression, avec de plus une évolution de la couleur au cours du temps.

Des technologies thermiques soigneusement dosées ont été appliquées sur des smoothies à base de pomme et rose ou pomme et myrtille, enrichis en vitamines et minéraux (Markowski et al., 2017). L'intérêt de la formule « smoothies » était la possibilité d'apport de fibres en même temps que l'apport de liquide. Une comparaison des pasteurisations par micro-onde, en échangeur tubulaire (94-96°C,

40s) et classique (20 min 90°C) démontre un effet limité de la stabilisation sur les teneurs en vitamines, fibres ou antioxydants, donc pas ou très peu de perte des propriétés nutritionnelles, quelle que soit la méthode utilisée, et une bonne stabilité au cours du stockage.

6. Impacts du stockage et de la remise en œuvre des produits

L'impact sur la sécurité microbiologique et la qualité nutritionnelle de la température (à la fois stockage au froid et réchauffage, c'est-à-dire entre 40°C et 80°C) et du pH au cours du stockage et de la remise en œuvre ont été étudiés en solution modèle et dans les aliments OPTIFEL.

6.1 Sécurité microbiologique

En ce qui concerne la sécurité microbiologique, la bactérie sporulée *Bacillus cereus* a été choisie comme modèle car elle conjugue une capacité à croître au froid (8-10°C), en présence ou absence d'oxygène, et dans les conditions de réchauffage (Guérin et al., 2016). Les souches de *B. cereus* qui sont assez psychrophiles pour se multiplier pendant le stockage sont très thermosensibles et facilement détruites lors du réchauffage (Guérin et al., 2017a). Il semble donc que le risque de diarrhées (liées à une croissance dans le tube digestif avec production d'entérotoxines et nécessitant un niveau de contamination élevé) dues à *B. cereus* soit négligeable. Par contre, si la chaîne du froid n'est pas respectée avec rigueur, de rares souches sont capables de produire au cours du stockage une toxine thermostable (céréulide) en quantité suffisante pour conduire à des toxiinfections de type émétique (Guérin et al., 2017b).

6.2 Stabilité des vitamines

Deux vitamines (vitamine C comme vitamine signal et vitamine B9) ont été étudiées spécifiquement. Un point frappant a été les différences d'évolution des teneurs en vitamine C entre des solutions modèles agitées et des produits réels, avec une bien meilleure stabilité dans les produits réels, pâteux (purées de pomme et carotte) et contenant des antioxydants (Herbig et al., 2017a, b), probablement à cause d'une disponibilité en oxygène limitée dans les produits réels (Herbig et Renard, 2017 ; Cuvelier et al., 2017). Aucune dégradation de la vitamine C ou de la vitamine B9 n'est d'ailleurs observée après élimination de l'oxygène. Une méta-analyse de la littérature sur la composition nutritionnelle des produits à base de fruits et légumes montre en effet un effet limité des procédés de stabilisation sur les teneurs en vitamine C, vitamine B9 et provitamines A. Par contre un phénomène majeur mais souvent ignoré est la perte de ces vitamines hydrosolubles par diffusion dans le milieu de cuisson, notamment si ils sont cuits dans un excès d'eau (Delchier et al., 2016).

6.3 Digestibilité des protéines

Un autre aspect important était la digestibilité des protéines dans les produits enrichis, d'autant plus que les protéines utilisées (protéines de pois et de blé) sont connues pour être moins biodisponibles que les protéines animales malgré la complémentarité de leurs acides aminés. La digestibilité a donc été mesurée in vitro en fonction de la matrice alimentaire (pomme ou carotte, pH 3,8 ou 6,5), du procédé de stabilisation (hautes pressions ou autoclaves) et du réchauffage, puisque ces aliments sont destinés à être réchauffés avant usage. La protéine de pois s'est montrée la plus digestible, avec de meilleurs résultats dans la purée de carotte (Laguna et al., 2017). La stabilisation et le réchauffage augmentent significativement sa digestibilité, par une perte de la structure globulaire des protéines de pois (Adal et al., 2017).

7. Acceptabilité des produits par les personnes âgées

« The proof of the pudding is in the eating », c'est-à-dire qu'il était fondamental de vérifier que ces produits sont effectivement bien consommés et acceptés par les personnes âgées. Les stratégies de fortification mises en œuvre dans OPTIFEL ont pour but d'améliorer la densité nutritionnelle tout en prenant en compte l'importance du plaisir à manger pour les personnes âgées et leurs capacités d'ingestion diminuées.

Pour tester les produits une approche double a été suivie : tout d'abord des personnes âgées autonomes ont été invitées dans différents laboratoires participants pour tester les recettes élaborées dans OPTIFEL et indiquer leurs préférences. Ceci a à nouveau mis en évidence l'importance des facteurs culturels, puisque par exemple la soupe de tomate enrichie (chaude) était préférée dans la plupart des pays, sauf l'Espagne.

Dans une deuxième étape les produits préférés par les personnes âgées autonomes ont été proposés dans un menu à des personnes âgées dépendantes pour leurs repas, soit avec un service de portage, soit dans des restaurants communautaires, soit en maison de retraite. Toutes ces personnes âgées, après l'accord de comités d'éthiques dans chaque pays, ont reçu 4 repas (étalés sur 3 mois, avec un repas « standard » et un repas OPTIFEL présentant le même menu, et une répétition. Le repas OPTIFEL était plus riche en calories (+ 91 kcal) et en protéines (+22.6 g). Le menu était : une soupe (tomate ou 7-légumes), du poulet sauté avec une aide culinaire « basquaise », de la purée de carotte, du pain ou des pommes de terre selon les habitudes locales et à volonté, du fromage selon les habitudes locales, un dessert et de l'eau à volonté. Après le repas, la consommation était mesurée par pesée des assiettes afin de calculer la consommation en énergie et macronutriments (Figure 6). Avant chaque repas les participants étaient interrogés pour leur sensation de faim et leur désir de manger, et après le repas pour leur appréciation des plats servis.

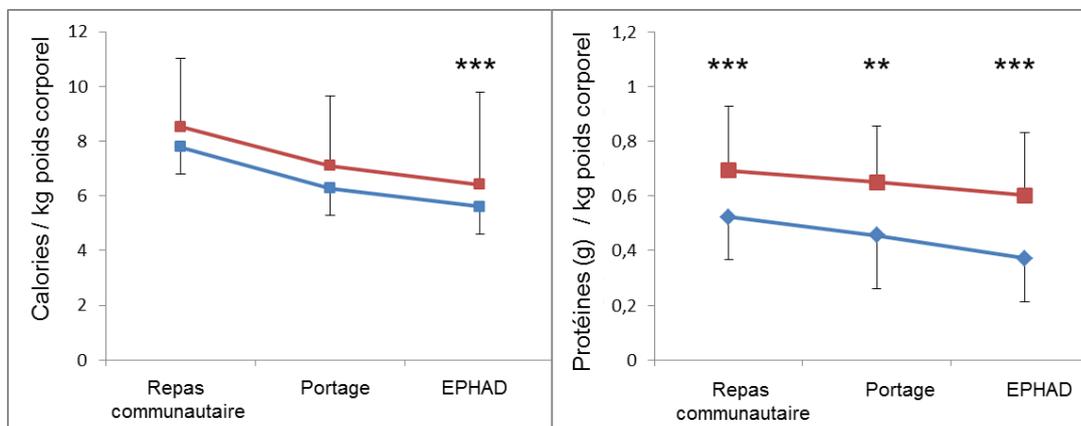


Figure 6 : Effet de la fortification des aliments dans le repas OPTIFEL sur la prise alimentaire de sujets âgés dépendants pour leurs repas. En bleu : repas standard ; en rouge : repas OPTIFEL

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

Les produits enrichis ont été globalement bien appréciés, avec cependant une variabilité beaucoup plus grande pour la purée de carottes (enrichie ou non). Le calcul des quantités consommées montre une augmentation dans l'apport calorique et protéique avec le repas OPTIFEL, sans augmentation du poids consommé (Figure 6) : c'est donc bien la densité (calorique et protéique) des aliments, donc la stratégie de fortification, qui a permis cette augmentation.

8. Les performances environnementales des différents modes de distribution

Une analyse de cycle de vie (ACV, suivant les standards ISO14040-44) a également été effectuée avec un focus plus particulier sur la partie « distribution des repas » (Figure 7), avec quatre scénarios :

- Les personnes âgées en EPHAD reçoivent des repas préparés sur place ;
- Les personnes âgées reçoivent un repas préparé dans une cuisine centrale, et sont en EPHAD ;
- Les personnes reçoivent individuellement un repas préparé dans une cuisine centrale par un système de portage à domicile ;
- Les personnes âgées autonomes vont faire leurs courses dans les commerces alimentaires et les repas sont préparés à domicile.

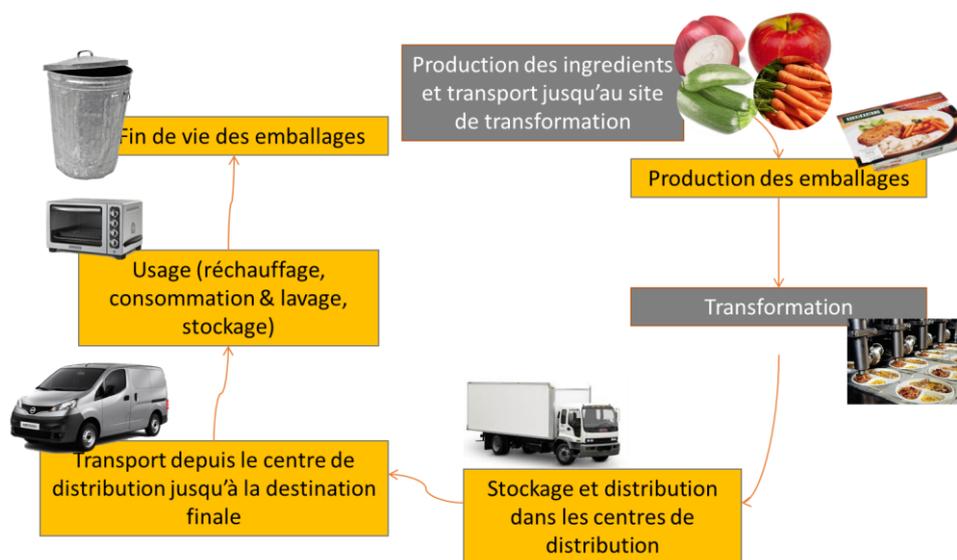


Figure 7 : Les étapes prises en compte dans l'analyse environnementale « OPTIFEL » ; les étapes en jaune sont celles qui changent selon les 4 scénarios.

L'analyse identifie donc trois parties pour l'ACV, qui sont la production agricole, la transformation, et la distribution. Les étapes qui contribuent le plus au changement climatique sont la production agricole et l'usage par le consommateur, inclus le stockage (congelé > froid positif > ambiant) et le mode de chauffage (four > micro-onde). Les étapes de transformation et les transports depuis le champ ou jusqu'au centre de distribution sont globalement très optimisés au niveau industriel et ont peu d'impact. La distribution finale est systématiquement une étape très impactante, et ce en particulier si la distribution est faite par camionnettes. La température de transport des aliments (liaison froide / chaude) a à ce niveau une influence marquée, la liaison froide restant plus économe, ce qui différencie par exemple fortement le modèle britannique. Globalement le modèle qui a à la fois le plus faible impact et le plus faible coût est la préparation des repas dans un EPHAD livré directement par les producteurs ou grossistes. Il est suivi pour l'impact par le scénario, avec des courses individuelles par les personnes âgées autonomes, qui a par contre le coût le plus élevé. L'impact à ce niveau est aussi lié à une plus faible efficacité des appareils électroménagers par rapport à ceux des cuisines collectives. Les deux scénarios avec des cuisines centrales ont plus d'impact d'un point de vue environnemental, la différence étant particulièrement forte pour le scénario « portage à domicile » à cause de l'effet du transport.

Les principaux points d'attention en amont de la distribution sont plus classiques : poids des emballages, production sous serres, produits hors saison avec transport par air, produits animaux... En ce qui concerne la distribution, il y a un vrai intérêt à optimiser la logistique finale, qu'il s'agisse du remplissage des camions ou de la longueur des tournées.

Conclusion

Le projet OPTIFEL a permis de valider l'option « fortification d'un aliment » dans la conception d'aliments adaptés pour les personnes âgées, à la fois en termes d'efficacité et d'acceptabilité.

Le projet a également amélioré la connaissance des capacités des personnes âgées, en fonction de leur degré de dépendance. Les différents déterminants de la « capacité à manger » ont pu être explorés, et reliés à des tests non invasifs, qui pourraient être utilisés dans les structures de soin pour retarder le passage à une nourriture mixée, généralement peu appréciée. Les capacités gustatives sont relativement mieux préservées que ce qui était attendu. De ce fait, une fortification avec des protéines végétales exige une attention à la congruence et à la formulation du produit où elles sont introduites. Par contre les difficultés de préhension (des aliments, des emballages) semblent souvent sous-estimées, et il y a encore des progrès à faire pour aller vers de vraies « ouvertures faciles ». Le projet a aussi validé l'intérêt des traitements thermiques, qu'ils relèvent de technologies classiques ou innovantes, pour la stabilisation des produits, avec une augmentation de la digestibilité des protéines végétales ajoutées ainsi qu'une préservation des vitamines. Ces dernières sont d'ailleurs mieux préservées dans des produits réels et pâteux que dans des solutions modèles, ce qui demande de mieux comprendre la disponibilité de l'oxygène dans ces systèmes. Les résultats obtenus confirment l'importance du respect de la chaîne du froid pour les aspects de sécurité. Nous avons aussi pu montrer l'importance de la capacité des particules molles des purées végétales à se comprimer en régime encombré pour comprendre l'évolution observée des textures de ces produits. Enfin le projet apporte des pistes pour une meilleure organisation des systèmes de portage à domicile.

Quelques enseignements du projet OPTIFEL pour le développement de produits adaptés pour les personnes âgées :

- Le repas et le goût sont un des plaisirs qui persistent le plus jusqu'aux âges avancés, il est donc fondamental que les repas restent des moments appréciés, et cela passe par le contenu de l'assiette (y compris sa présentation et le goût, et pas seulement la nutrition), et l'ambiance du repas ;
- Il ne faut pas croire que la diminution de la sensibilité gustative, d'ailleurs limitée, dispense de prêter attention au goût ;
- Les personnes âgées sont des consommateurs expérimentés : il est important de tenir compte de leurs préférences et de leurs capacités d'adaptation, voire même d'une certaine néophobie ;
- Ce n'est plus le moment de faire des régimes hypocaloriques, et ce d'autant moins que la capacité d'ingestion diminue. La moindre contrainte sur la densité calorique des aliments doit permettre d'enrichir en nutriments essentiels mais aussi de penser des reformulations orientées sensoriel, avec par exemple l'incorporation de matières grasses ou l'augmentation (en l'absence de diabète) du sucre.
- Il y a encore de nombreux travaux à faire pour améliorer la texture des aliments pour les personnes âgées, ou plus exactement leur adaptation aux conditions spécifiques (dentition, force, mais aussi flux salivaire, dysphagie).
- L'emballage à ouverture facile est aussi encore un point de progrès, parfois en contradiction avec son allègement.

Remerciements

Le projet OPTIFEL a été financé par l'Union européenne dans le cadre du 7^{ème} Programme Cadre pour la recherche, le développement technologique et la démonstration, sous le numéro 311754. Nous remercions toutes les personnes âgées et le personnel qui ont répondu à nos enquêtes et participé aux tests.

Références bibliographiques

- Adal E., Sadeghpour A., Connell S., Rappolt M., Ibanoglu E., Sarkar A., 2017. Heteroprotein complex formation of bovine lactoferrin and pea protein isolate: A multiscale structural analysis. *Biomacromolecules*, 18(2), 625-635. doi:10.1021/acs.biomac.6b01857
- Cuvelier M.E., Soto P., Courtois F., Broyart B., Bonazzi C., 2017. Oxygen solubility measured in aqueous or oily media by a method using a non-invasive sensor. *Food Control*, 73, 1466-1473. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.11.008
- Delchier N., Herbig A.L., Rychlik M., Renard C.M.G.C., 2016. Folates in fruit and vegetables: contents, processing and stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15, 506-528.
- Guerin A., Dargaignaratz C., Broussolle V., Clavel T., Nguyen-the C., 2016. Combined effect of anaerobiosis, low pH and cold temperatures on the growth capacities of psychrotrophic *Bacillus cereus*. *Food Microbiology*, 59, 119-123. doi: 10.1016/j.fm.2016.05.015
- Guerin A., Dargaignaratz C., Clavel T., Broussolle V., Nguyen-the C., 2017a. Heat-resistance of psychrotolerant *Bacillus cereus* vegetative cells. *Food Microbiology*, 64, 195-201. doi: 10.1016/j.fm.2017.01.009
- Guerin A., Ronning H.T., Dargaignaratz C., Clavel T., Broussolle V., Mahillon J., et al., 2017b. Cereulide production by *Bacillus weihenstephanensis* strains during growth at different pH values and temperatures. *Food Microbiology*, 65, 130-135. doi: 10.1016/j.fm.2017.02.006
- Herbig A.L., Maingonnat J.F., Renard C., 2017a. Oxygen availability in model solutions and purees during heat treatment and the impact on vitamin C degradation. *Lwt-Food Science and Technology*, 85, 493-499. doi: 10.1016/j.lwt.2016.09.033
- Herbig A.L., Mousties C., Renard C., 2017b. Impact of three warming-up methods on the stability of vitamin C and 5-methyltetrahydrofolate supplemented to apple and carrot puree. *Lwt-Food Science and Technology*, 84, 668-673. doi: 10.1016/j.lwt.2017.06.031
- Herbig A.L., Renard C., 2017. Factors that impact the stability of vitamin C at intermediate temperatures in a food matrix. *Food Chemistry*, 220, 444-451. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.10.012
- Irz X., Fratiglioni L., Kuosmanen N., Mazzocchi M., Modugno L., Nocella G., Shakersain B., Traill W.B., Xu W., Zanello G., 2014. Sociodemographic determinants of diet quality of the EU elderly: a comparative analysis in four countries. *Public Health Nutrition* 17, 1177-89. doi: 10.1017/S1368980013001146.
- Laguna L., Barrowclough R.A., Chen J., Sarkar A., 2016a. New approach to food difficulty perception: Food Structure, food oral processing and individual's physical strength. *Journal of Texture Studies*, 47(5), 413-422. doi:10.1111/jtxs.12190
- Laguna L., Hetherington M.M., Chen J., Artigas G., Sarkar A., 2016b. Measuring eating capability, liking and difficulty perception of older adults: A textural consideration. *Food Quality and Preference*, 53, 47-56. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.013
- Laguna L., Mingioni M., Maitre I., Vanwymelbeke V., Pirttijärvi T., Artigas M.G., et al., 2016c. Perception of difficulties encountered in eating process from European elderlies' perspective. *Journal of Texture Studies*, 47(4), 342-352. doi:10.1111/jtxs.12192
- Laguna L., Sarkar A., 2016. Influence of mixed gel structuring with different degrees of matrix inhomogeneity on oral residence time. *Food Hydrocolloids*, 61, 286-299. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.014

Laguna L., Sarkar A., Artigas G., Chen J., 2015. A quantitative assessment of the eating capability in the elderly individuals. *Physiology & Behavior*, 147, 274-281. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.04.052>

Laguna L., Picouet P., Guardia M.D., Renard C., Sarkar A., 2017. In vitro gastrointestinal digestion of pea protein isolate as a function of pH, food matrices, autoclaving, high-pressure and re-heat treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 511-519. doi: 10.1016/j.lwt.2017.06.021

Leverrier C., Almeida G., Espinoza-Munoz L., Cuvelier G., 2016. Influence of particle size and concentration on rheological behaviour of reconstructed apple purees. *Food Biophysics* 11 (2016) 235-247 DOI : 10.1007/s11483-016-9434-7

Markowski J., Celejewska K., Roslonek A., Kosmala M., 2017. Impact of different thermal preservation technologies on the quality of apple-based smoothies. *LWT-Food Science and Technology*, 85, 470-473. doi: 10.1016/j.lwt.2017.01.004

Mingioni M., Mehinagic E., Laguna L., Sarkar A., Pirttijärvi T., Van Wymelbeke V., et al., 2016. Fruit and vegetables liking among European elderly according to food preferences, attitudes towards food and dependency. *Food Quality and Preference*, 50, 27-37. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.01.003>

Mingioni M., Mehinagic E., Siucinska K., Konopacka D., Artigas G., Symoneaux R., Maitre I., 2017. Sweet and sour discrimination abilities of elderly people compared to those of young adults in apple puree. *Food Quality and Preference*, 59, 59-67. doi: 10.1016/j.foodqual.2017.02.007

Serra-Prat M., Mans E., Palomera E., Clavé P., 2014. Gastrointestinal peptides, gastrointestinal motility, and anorexia of aging in frail elderly persons. *Neurogastroenterol Motil* 25(4), 291-e245. doi: 10.1111/nmo.12055.

Singh H., Sarkar A., 2011. Behaviour of protein-stabilised emulsions under various physiological conditions. *Advances in Colloid and Interface Science*, 165(1), 47-57. doi: 10.1016/j.cis.2011.02.001

Wenk S., Brombach B., Gràcia Artigas i Imbers M., Järvenpää E., Steinemann N., Ziesemer K., Yildirim S., 2016. Evaluation of the Accessibility of Selected Packaging by Comparison of Quantitative Measurements of the Opening Forces and Qualitative Surveys through Focus Group Studies. *Packaging Technology and Science*, 29, 559-570

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).