



**HAL**  
open science

## Capitaliser sur les fermentations lactières pour proposer des alliances innovantes de lait et de légumineuses

Valérie Gagnaire, Fanny Guyomarc'H

### ► To cite this version:

Valérie Gagnaire, Fanny Guyomarc'H. Capitaliser sur les fermentations lactières pour proposer des alliances innovantes de lait et de légumineuses. *Industries Alimentaires et Agricoles*, 2023, 83, pp.34-38. hal-04029897

**HAL Id: hal-04029897**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04029897>**

Submitted on 15 Mar 2023

**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

# Capitaliser sur les fermentations laitières pour proposer des alliances innovantes de lait et de légumineuses

Valérie GAGNAIRE et Fanny GUYOMARC'H,

INRAE, Institut Agro, UMR1253 Science et Technologie du Lait et de l'Œuf (STLO), 65 rue de Saint Briec, F-35000 Rennes

Pour répondre aux préoccupations croissantes concernant la santé et l'environnement, les nouveaux aliments mixtes animaux/végétaux permettent de réduire l'empreinte environnementale des aliments tout en offrant un profil nutritionnel intéressant et une expérience gustative « transitionnelle » vers une végétalisation de l'alimentation. Une transformation « douce » des aliments revient en force sur le devant la scène, à savoir la fermentation. Ce processus naturel, traditionnellement utilisé, peut constituer une alternative naturelle à la supplémentation en micronutriments ou en additifs, et aider à utiliser autrement les matières premières animales ou végétales voire à les combiner pour tirer parti au mieux des bénéfices des unes et des autres ou minimiser certains de leurs défauts. Différentes questions se posent sur les types de fermentation à mettre en œuvre sur ces mixtes et en quoi les acquis sur les fermentations laitières peuvent permettre de capitaliser les connaissances et aller vers une transformation réussie, auxquelles va répondre cette mini revue.

**Mots clés :** fermentation, mixtes animal/végétal, sucres, protéines, transition alimentaire, co-culture, propriétés techno-fonctionnelles, propriétés organoleptiques, bénéfices santé

## ABSTRACT

In response to growing concerns about health and the environment, new mixed animal/plant foods can reduce the environmental footprint of food while offering an interesting nutritional profile and a «transitional» taste experience to promote adoption of plant-based foods. One “gentle” food processing that is making a strong comeback is fermentation. This natural process, traditionally used, can be a natural alternative to micronutrient or additive supplementation, and can help to use animal or vegetable raw materials in a different way, or even combine them to maximize the benefits of both or minimize some of their defects. Various questions arise on the types of fermentation to be implemented on these mixes and how the knowledge acquired on dairy fermentations can be used to capitalize on knowledge and move towards successful transformation, which will be answered in this mini review.

## INTRODUCTION

Les préoccupations croissantes concernant la santé et l'environnement sont à l'origine d'une nouvelle phase de transition alimentaire dans les pays occidentaux. Soutenue par des recommandations de politiques publiques, cette transition vise à augmenter la part des protéines végétales afin de réduire la consommation de ressources animales. Elle se traduit par l'émergence de nouveaux régimes alimentaires considérés comme plus durables à l'instar des régimes végétariens ou végétaliens et des régimes flexitariens qui visent principalement à réduire la consommation de viande (Aiking & de Boer, 2018; Willett et al., 2019). Derrière les principales motivations de l'achat de produits alimentaires se retrouvent par ordre décroissant le prix et l'attrait sensoriel, suivis par la santé, la commodité, le goût et la familiarité ou les habitudes concernant un produit (Allès et al., 2017). Au cours du développement des pays occidentaux, la consommation de sources végétales de protéines a reculé au profit des protéines animales, et les populations se sont habituées aux produits laitiers fermentés ou non, notamment.

Les substituts végétaux peinent à séduire les papilles de nos consommateurs et consommatrices. Dans ce contexte, concevoir des aliments alternatifs mixtes animaux/végétaux peut donc ouvrir des perspectives d'innovations pour répondre à la double demande de la société de réduire l'empreinte environnementale des aliments tout en proposant des produits pratiques, sains et savoureux, offrant un bon rapport qualité-prix. Des entreprises agroalimentaires telles que Bongrain, Danone, Fromageries Bel, General Mills, Ingredia, Lactalis, Nestlé ou Unilever sont déjà actives dans l'utilisation de mélanges animaux/végétaux pour la fabrication d'ingrédients industriels innovants ou de boissons de détail, de pâtes alimentaires fromagères, d'aliments hyperprotéinés ou de desserts glacés. Cependant, cela cache une ambivalence. D'une part, il y a une demande d'aliments pratiques et abordables en lien avec une forte réduction du temps et du budget consacrés à la cuisine et l'alimentation à domicile. Cela s'est traduit par une forte intensification et industrialisation de la production alimentaire depuis la deuxième moitié du 20<sup>ème</sup> siècle. D'un autre côté, il y a une recherche, plus récente et mais encore en marge des achats des ménages, de « naturalité », d'aliments « clean label » et de transformation plus « douce » des aliments. Dès lors, une transformation millénaire des aliments revient en force sur le devant la scène, à savoir la fermentation. La fermentation est en effet un processus naturel, traditionnellement utilisé, quelles que soient les civilisations, pour conserver et transformer les matières premières animales ou végétales en aliments comestibles, sûrs et savoureux (Tamang et al., 2016, 2020), et pour fournir divers composants présentant des avantages nutritionnels et sanitaires élevés. De plus, elle peut constituer une alternative naturelle à la supplémentation en micronutriments ou en additifs, afin de limiter une formulation excessive des aliments (Tangyu et al., 2019).

La fermentation peut également venir en aide pour utiliser autrement les matières premières animales ou végétales voire les combiner pour tirer parti au mieux des bénéfices des unes et des autres ou minimiser certains de leurs défauts. Il existe déjà des produits traditionnels mixtes animaux/végétaux à travers le monde tels que des flans, des bouillies (riz ou semoule au lait, porridge), des pâtes aux œufs et des boulettes de viande. Certains d'entre eux sont fermentés, par exemple le kishk libanais, le selroti indien ou le tarhana turc (Tamang

et al., 2016). Présenter de nouvelles offres alimentaires mixtes fermentées est possible dans la mesure où les produits laitiers, très utilisés sous diverses formes fermentées (yaourts, laits fermentés, beurre, crème fraîche, fromages) sont communément considérés comme des sources plus durables de protéines animales. Enfin, il est possible de capitaliser les connaissances acquises sur les produits laitiers fermentés pour les adapter aux produits végétaux et mixtes.

## QUELS DÉFIS SONT À RELEVER POUR LES PRODUITS VÉGÉTAUX OU MIXTES PAR RAPPORT AUX PRODUITS LAITIERS FERMENTÉS ?

Remplacer des protéines lactières par des protéines végétales est souvent synonyme de modification des propriétés technofonctionnelles attendues, avec une solubilité plus faible des protéines végétales, la présence de composés d'arômes indésirables, des changements de couleur et de saveurs plus ou moins appréciés (Engels et al., 2022). Pour diminuer ou éliminer les composés, tels que l'hexanal et le nonanal, à l'origine de « off-notes » vertes, il existe plusieurs techniques possibles : l'injection directe de vapeur, la création de masques ou de modulateurs d'arômes, et la fermentation avec des bactéries lactiques pour réduire les arômes indésirables (Engels et al., 2022).

Les compositions en sucres sont également un facteur à prendre en compte. La plupart des souches de bactéries lactiques ont été initialement sélectionnées pour leur fermentation du lactose du lait et sont peu adaptées pour utiliser d'autres glucides plus complexes présents dans les matières végétales, comme la pectine, la cellulose et autres fibres, difficilement dégradées par les enzymes des bactéries lactiques (Engels et al., 2022). Cela nécessite de réaliser des criblages pour trouver des souches ayant de nouveaux types d'enzymes telles des  $\alpha$ -galactosidases capables de dégrader les sucres issus des légumineuses (Canon, Mariadassou, et al., 2020; Schindler et al., 2011, 2012). Une piste est constituée par l'étude approfondie les espèces des genres *Leuconostoc*, *Weissella* et *Lactobacillus* impliquées dans la production de produits traditionnels à base de légumes comme le kimchi et la choucroute (Jung et al., 2011; Tlais et al., 2022) ou de bactéries lactiques autochtones présentes dans la farine de pois chiche (Xing et al., 2020)

Les protéines sont également un facteur à prendre en compte car la plupart des bactéries lactiques possèdent des auxotrophies en plusieurs acides aminés et doivent posséder un système protéolytique performant pour hydrolyser les protéines capables de fournir les acides aminés et peptides indispensables à leur croissance. Si les caséines sont facilement hydrolysables, il n'en est pas de même pour toutes les protéines végétales (Canon, Briard-Bion, et al., 2022) et de nouveau des criblages sont nécessaires pour choisir les espèces et souches les plus adaptées (Canon, Mariadassou, et al., 2020; Engels et al., 2022). De plus, les enzymes protéolytiques peuvent largement affecter la texture des gels transformés, par exemple les protéases de l'enveloppe cellulaire, dont l'activité produit des peptides qui peuvent baisser la viscosité ou la granularité du gel ou renforcer la stabilité des gels selon la nature des peptides produits et donc avoir des effets généralement positifs sur la texture globale des gels (Lacou et al., 2016). Par ailleurs, étant donné que des micro-organismes tels que les bactéries lactiques peuvent acidifier le milieu, les modifications des conditions physico-chimiques pendant la fermentation peuvent favoriser la gélification à froid des protéines.

## QUELS TYPES DE FERMENTATION SONT DÉVELOPPÉS SUR DES ALIMENTS MIXTES ANIMAUX/VÉGÉTAUX ?

Différentes approches sont possibles : soit la ou les fractions végétales et animales sont fermentées séparément puis mélangées ; soit les fractions animales et végétales sont fermentées ensemble, l'objectif principal étant alors d'utiliser les synergies microbiennes pour favoriser la fermentation des ressources végétales par des micro-organismes tels que les bactéries lactiques, les propionibactéries ou les levures.

### PRÉ-FERMENTATION SÉPARÉE DE LA FRACTION VÉGÉTALE

Dans le cas de la pré-fermentation séparée de la fraction végétale, il est possible de diminuer les défauts liés à la matière végétale pour réduire la teneur en facteurs antinutritionnels et les défauts organoleptiques, d'augmenter la valeur nutritionnelle en produisant des vitamines *in situ* (par exemple, celles de la famille B), et de renforcer les composés sapides et aromatiques (Tangyu et al., 2019), avant de les mélanger aux ingrédients animaux. Les bactéries lactiques ou les levures couramment utilisées comme levains dans les produits laitiers fermentés peuvent être criblées et sélectionnées sur la base de leurs capacités enzymatiques, puis utilisées seules ou en cocultures pour abaisser les niveaux d'oligosaccharides dans les boissons à base de soja, prévenant ainsi les inconforts digestifs (Tangyu et al., 2019). Cette stratégie permet de mettre en œuvre certaines bactéries qui métaboliseraient de préférence le lactose si les deux substrats laitier et végétal étaient déjà mélangés, et que l'on peut ainsi contraindre à métaboliser les sucres végétaux. Dans certaines autres situations, la fermentation séparée des fractions animales/végétales permettra également d'éviter que des composants végétaux altèrent l'activité des microorganismes sur le substrat laitier. Par exemple, lorsque les tanins végétaux sont préalablement hydrolysés, ils ne peuvent plus interagir avec la  $\beta$ -galactosidase bactérienne ni donc inhiber son activité sur le lactose (Kayukawa et al., 2019). Le phytate, composé antinutritionnel chélateur de minéraux, peut être converti en phosphate libre par des levures ou des bactéries phytase-positives. Ainsi, la fermentation préalable de l'ingrédient végétal réduit le risque d'une séquestration du calcium et d'autres cations du lait, qui restent alors biodisponibles. Cet effet est renforcé lorsque des bactéries acidifiantes sont utilisées car la solubilité du phosphate et des cations est augmentée et les phytases déjà présentes dans la graine sont à leur pH optimal pour agir (Song et al., 2019). La fermentation du soja ou d'autres substrats végétaux réduit également la teneur en inhibiteurs de trypsine (Tangyu et al., 2019) et l'hydrolyse du gluten par les bactéries lactiques réduit son allergénicité (El Mecherfi et al., 2020).

### CO-FERMENTATION DE MÉLANGES ANIMAUX/VÉGÉTAUX

La co-fermentation de mélanges animaux/végétaux offre de nouvelles opportunités pour conduire des co-cultures et des interactions entre microorganismes afin de réaliser des synergies. En particulier, la teneur élevée en glucides du lait peut orienter la fermentation d'émulsions mixtes de lait écrémé et d'isolat de protéines de pois vers une plus forte acidification, propice à une meilleure conservation (Ben-Harb et al., 2019). Une étude systématique a montré que des produits de type yaourt présentant des attributs gustatifs satisfaisants et des défauts texturaux limités tels que la synérèse, pouvaient être produits en utilisant 30 à 40 % en poids de protéines de pois (sous forme d'isolat) mélangées à de la poudre de lait écrémé et fermentées avec *Lactobacillus rhamnosus* seul ou avec *Streptococcus thermophilus* en coculture avec *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *L. acidophilus*

ou *L. casei subsp. casei* (Youssef et al., 2016). La supplémentation du lait avec 2% de farine de pois chiche a donné des produits de type yaourt avec une fermeté accrue, une meilleure viabilité des bactéries au fil du temps et des propriétés sensorielles satisfaisantes (Chen et al., 2018). Cependant, la diversité de composition des ingrédients d'origine végétale - des extraits aux isolats - rend difficile une totale maîtrise des fermentations. Notamment, un ou plusieurs composants de la fraction de légumineuse peuvent avoir été métabolisés pendant ces études : protéines, amidon etc. La protéolyse est également très variable d'une étude à une autre et reflète la souche dépendance de cette activité. Par exemple, aucune protéolyse significative n'a été signalée pendant la fermentation d'un mélange d'isolat de protéines de féverole à 53 % en poids et d'isolat de protéines de lait à 47 % en poids par *S. thermophilus* et *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* (Berrazaga et al., 2019). Cependant, des oligosaccharides et des protéines de soja ont été métabolisés pendant la fermentation de mélanges de lait et de jus de soja avec des cultures de *L. acidophilus* et de levain du yaourt (Šertović et al., 2019), et certains des arômes détectés pendant la fermentation de gels d'émulsion lait/pois par des consortiums complexes de bactéries et de levures suggèrent que des acides aminés ont été libérés et métabolisés (Ben-Harb et al., 2019, 2020). Une faible partie des protéines de lupin a été également hydrolysée par des bactéries lactiques mais cette activité était fortement dépendante de la souche utilisée (Canon, Briard-Bion, et al., 2022). Concernant les défauts de flaveur de type « off-notes vertes », dus à la présence de d'hexanal ou d'heptanal, la plupart des bactéries lactiques sont à même de les diminuer et ce dans différents substrats végétaux (Ben-Harb et al., 2020; Canon et al., 2021; Fritsch et al., 2015; Schindler et al., 2011; Šertović et al., 2019). Ben-Harb et al (2020) ont également indiqué que, quel que soit le consortium microbien, certaines espèces telles que *Lactococcus lactis* ou *Geotrichum candidum* avaient tendance à mieux se développer sur des matrices de lait et de pois mélangées plutôt que séparées. *Kluyveromyces lactis* se développait mieux sur le mélange lait/pois dans un certain consortium, mais sur le lait dans un autre, ce qui suggère que des interactions microbiennes étaient en jeu (Ben-Harb et al., 2020). En résumé, nos connaissances sans cesse croissantes sur le potentiel métabolique des microorganismes, obtenues grâce à l'utilisation du séquençage de nouvelle génération, de l'exploration des métadonnées et de la génomique fonctionnelle, ainsi que la conception raisonnée de consortiums microbiens à l'aide d'approches *in silico* et *in situ*, offrent des opportunités considérables pour le développement au cas par cas de produits alimentaires fermentés mixtes lait/végétaux ou plus largement animaux/végétaux.

## COMMENT FAVORISER LES FERMENTATIONS DANS LES MIXTES LAIT/VÉGÉTAUX ?

Connaître les potentialités des microorganismes est un pré requis pour favoriser la métabolisation des substrats laitiers et végétaux, qui est encore loin d'être généralisé. Parmi des souches de *Lactobacillus helveticus*, Schuster et al (2020) ont montré qu'il existait une biodiversité en lien avec l'habitat. Ils ont ainsi comparé les données d'empreintes génétiques, de protéomique, d'activité enzymatiques, métaboliques, et caractéristiques de croissance et de cinétiques d'acidification dans des matrices alimentaires, d'isolats de *L. helveticus* issus de céréales ou de produits laitiers fermentés. Une distinction claire entre les souches issues des fermentations laitières et céréalières a été observée dans presque toutes les caractéristiques examinées, ce qui suggère que les différents habitats étaient constitués de différents biotypes de *L. helveticus* qui se sont adaptés aux conditions environnementales spécifiques.

Dans un deuxième temps, il est également pertinent de choisir des souches de bactéries lactiques appropriées, capables par exemple de fermenter des substrats de lait et de végétaux, comme par exemple le lupin en co-culture (Canon, Mariadassou, et al., 2020). Lorsqu'elles sont associées, les souches bactériennes sont connues pour interagir les unes avec les autres. Il est donc important de s'assurer que les souches choisies interagissent positivement pour obtenir de meilleurs résultats (Canon, Nidelet, et al., 2020). Dans une étude de Canon et al. (2021), les souches de bactéries lactiques ont pu interagir positivement dans un milieu chimiquement défini contenant des protéines de lait et de lupin comme seule source d'azote. Les interactions positives étaient favorisées par l'activité protéolytique des souches de bactéries lactiques, qui fournissaient des peptides et des acides aminés aux souches de bactéries lactiques non protéolytiques avec des interactions favorisées quand les peptides et acides aminés contenaient suffisamment d'acides aminés ramifiés (leucine, isoleucine et valine) (Canon, Briard-Bion, et al., 2022).

Enfin en faisant intervenir de nombreuses enzymes différentes, la fermentation peut être utilisée comme une boîte à outils pour fournir une large gamme de réactions permettant l'utilisation de différents substrats et la production de très nombreux métabolites secondaires, comme décrits dans les paragraphes précédents. Par exemple, certaines enzymes sont capables de diminuer la teneur en phytates ou en polyphénols pour éviter la formation incontrôlée d'agrégats globulaires de protéines. D'autres enzymes bactériennes peuvent améliorer les propriétés nutritionnelles des produits en augmentant la teneur en vitamines, produire des molécules sapides et réduire les arômes indésirables. Enfin, certaines souches sont capables de produire des agents de texture tels que les exopolysaccharides.

Par rapport à des apports séparés, l'aspect tout-en-un des aliments mixtes animaux/végétaux peut permettre d'optimiser l'apport en acides aminés essentiels et d'augmenter la part des protéines végétales dans l'alimentation, avec moins de risques de substitutions ou de réductions spontanées d'aliments d'origine animale contre-éfficaces sur le plan nutritionnel ou environnemental (Irz et al., 2019; Spiteri & Soler, 2018). La mixité a aussi des avantages technologiques, comme le contrôle de la précipitation thermo-induite des protéines globulaires (végétales ou laitières) par les caséines du lait (Canon, Maillard, et al., 2022) et plus globalement une diversification des textures (Guyomarc'h et al., 2021; Hinderink et al., 2021). L'acceptabilité des aliments mixtes peut être meilleure que celle des alternatives végétales pures si elles parviennent à réduire les obstacles habituels à la consommation de protéines végétales dans les régimes occidentaux, par exemple, un goût peu familier, une texture défectueuse et une mauvaise digestibilité. En tant que raison importante d'achat, le prix des aliments est la clé de la transition des protéines vers une alimentation plus verte.

## CONCLUSION

L'adaptation de la fermentation et d'autres processus dans les chaînes alimentaires du lait ou des œufs à ces ressources mixtes offre des perspectives d'innovation intéressantes. Le choix approprié des substrats et celui des consortiums microbiens est crucial pour la conception et le contrôle des mélanges animaux-végétaux afin qu'ils fournissent des aliments sûrs et sains, avec une durée de conservation prolongée, une valeur nutritionnelle accrue, l'apparence, la texture et la saveur souhaitées, et moins d'intolérance. Enfin, il est important de prendre en compte les attentes et les besoins du public afin de s'assurer que les intérêts des consommateurs sont satisfaits parallèlement à leur acceptabilité des produits mixtes animaux/végétaux. Plus généralement, le contexte sociétal doit être pris en

compte tout au long des évolutions futures de nos recherches. À cet égard, il est essentiel qu'une information étendue sur les impacts nutritionnels et environnementaux des aliments mixtes animaux/végétaux soit fournie au grand public.

La fermentation, qui est déjà largement employée dans la transformation du lait, offre d'énormes possibilités de transfert et d'extension afin d'accroître encore les potentialités des combinaisons animal/végétal en tirant parti de l'énorme biodiversité microbienne disponible.



Fermenter des protéines de lait et de lupin pour produire des aliments mixtes fermentés de type yaourt, YALUP. Le design de l'étiquette de ces produits mixtes lait-lupin a été créé par Eric Beaumont, graphiste au service Communication du Centre INRAE Bretagne-Normandie crédit photo ©INRAE/V. Gagnaire

## RÉFÉRENCES

- Aiking, H., & de Boer, J. (2018). The next protein transition. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.008>
- Allès, B., Péneau, S., Kesse-Guyot, E., Baudry, J., Hercberg, S., & Méjean, C. (2017). Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults. *Nutrition Journal*, 16(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s12937-017-0279-9>
- Ben-Harb, S., Irlinger, F., Saint-Eve, A., Panouillé, M., Souchon, I., & Bonnarne, P. (2020). Versatility of microbial consortia and sensory properties induced by the composition of different milk and pea protein-based gels. *LWT*, 118, 108720. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108720>
- Ben-Harb, S., Saint-Eve, A., Panouillé, M., Souchon, I., Bonnarne, P., Dugat-Bony, E., & Irlinger, F. (2019). Design of microbial consortia for the fermentation of pea-protein-enriched emulsions. *International Journal of Food Microbiology*, 293, 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.01.012>
- Berrazaga, I., Mession, J. L., Laleg, K., Salles, J., Guillet, C., Patrac, V., Giraudet, C., Le Bacquer, O., Boirie, Y., Micard, V., Husson, F., Saurel, R., & Walrand, S. (2019). Formulation, process conditions, and biological evaluation of dairy mixed gels containing fava bean and milk proteins: Effect on protein retention in growing young rats. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1066–1082. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14610>
- Canon, F., Briard-Bion, V., Jardin, J., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2022). Positive interactions between lactic acid bacteria could be mediated by peptides containing branched-chain amino acids. *Frontiers in Microbiology*, 12, 793136. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.793136>
- Canon, F., Maillard, M.-B., Famelart, M.-H., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2022). Mixed dairy and plant-based yogurt alternatives: Improving their physical and sensorial properties through formulation and lactic acid bacteria cocultures. *Current Research in Food Science*, 5, 665–676. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.03.011>
- Canon, F., Maillard, M.-B., Henry, G., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2021). Positive interactions between lactic acid bacteria promoted by nitrogen-based nutritional dependencies. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(ja), AEM.01055-21. <https://doi.org/10.1128/AEM.01055-21>
- Canon, F., Mariadassou, M., Maillard, M.-B., Falentin, H., Parayre, S., Madec, M.-N., Valence, F., Henry, G., Laroute, V., Daveran-Mingot, M.-L., Coccagn-Bousquet, M., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2020). Function-driven design of lactic acid bacteria co-cultures to produce new fermented food associating milk and lupin. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.584163>
- Canon, F., Nidelet, T., Guédon, E., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2020). Understanding the mechanisms of positive microbial interactions that benefit lactic acid bacteria co-cultures. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.02088>
- Chen, X., Singh, M., Bhargava, K., & Ramanathan, R. (2018). Yogurt fortification with chickpea (*Cicer arietinum*) flour: Physicochemical and sensory effects. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(8), 1041–1048. <https://doi.org/10.1002/aocs.12102>
- El Mecherfi, K.-E., Todorov, S. D., Cavalcanti de Albuquerque, M. A., Denery-Papini, S., Lupi, R., Haertlé, T., Dora Gombossy de Melo Franco, B., & Larré, C. (2020). Allergenicity of fermented foods: Emphasis on seeds protein-based products. *Foods*, 9(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/foods9060792>
- Engels, W., Siu, J., van Schalkwijk, S., Wesselink, W., Jacobs, S., & Bachmann, H. (2022). Metabolic conversions by lactic acid bacteria during plant protein fermentations. *Foods*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/foods11071005>

- Fritsch, C., Vogel, R. F., & Toelstede, S. (2015). Fermentation performance of lactic acid bacteria in different lupin substrates—Influence and degradation ability of antinutritives and secondary plant metabolites. *J. Appl. Microbiol.*, *119*(4), 1075–1088. <https://doi.org/10.1111/jam.12908>
- Guyomarc'h, F., Arvisenet, G., Bouhallab, S., Canon, F., Deutsch, S.-M., Drigon, V., Dupont, D., Famelart, M.-H., Garric, G., Guédon, E., Guyot, T., Hiolle, M., Jan, G., Le Loir, Y., Lechevalier, V., Nau, F., Pezennec, S., Thierry, A., Valence, F., & Gagnaire, V. (2021). Mixing milk, egg and plant resources to obtain safe and tasty foods with environmental and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, *Volume 108*, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.010>
- Hinderink, E. B. A., Boire, A., Renard, D., Riaublanc, A., Sagis, L. M. C., Schroën, K., Bouhallab, S., Famelart, M.-H., Gagnaire, V., Guyomarc'h, F., & Berton-Carabin, C. C. (2021). Combining plant and dairy proteins in food colloid design. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, *56*, 101507. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2021.101507>
- Irz, X., Jensen, J. D., Leroy, P., Réquillart, V., & Soler, L.-G. (2019). Promoting climate-friendly diets: What should we tell consumers in Denmark, Finland and France? *Environmental Science & Policy*, *99*, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.05.006>
- Jung, J. Y., Lee, S. H., Kim, J. M., Park, M. S., Bae, J. W., Hahn, Y., Madsen, E. L., & Jeon, C. O. (2011). Metagenomic analysis of Kimchi, a traditional Korean fermented food. *Applied and Environmental Microbiology*, *77*(7), 2264–2274.
- Kayukawa, C. T. M., de Oliveira, M. A. S., Kaspchak, E., Sanchuki, H. B. S., Igarashi-Mafra, L., & Mafra, M. R. (2019). Effect of tannic acid on the structure and activity of *Kluyveromyces lactis*  $\beta$ -galactosidase. *Food Chemistry*, *275*, 346–353. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.107>
- Lacou, L., Léonil, J., & Gagnaire, V. (2016). Functional properties of peptides: From single peptide solutions to a mixture of peptides in food products. *Food Hydrocolloids*, *57*, 187–199. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.028>
- Schindler, S., Wittig, M., Zelena, K., Krings, U., Bez, J., Eisner, P., & Berger, R. G. (2011). Lactic fermentation to improve the aroma of protein extracts of sweet lupin (*Lupinus angustifolius*). *Food Chemistry*, *128*(2), 330–337.
- Schindler, S., Zelena, K., Krings, U., Bez, J., Eisner, P., & Berger, R. G. (2012). Improvement of the aroma of pea (*Pisum sativum*) protein extracts by lactic acid fermentation. *Food Biotechnology*, *26*(1), 58–74. <https://doi.org/10.1080/08905436.2011.645939>
- Schuster, J. A., Vogel, R. F., & Ehrmann, M. A. (2020). Biodiversity of *Lactobacillus helveticus* isolates from dairy and cereal fermentations reveals habitat-adapted biotypes. *FEMS Microbiology Letters*, *367*(8), fnaa058. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa058>
- Šertović, E., Sarić, Z., Barać, M., Barukčić, I., Kostić, A., & Božanić, R. (2019). Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of a probiotic beverage produced from different mixtures of cow's milk and soy beverage by *Lactobacillus acidophilus* La5 and yoghurt culture. *Food Technology and Biotechnology*, *57*(4), 461–467. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.04.19.6344>
- Song, H.-Y., El Sheikha, A. F., & Hu, D.-M. (2019). The positive impacts of microbial phytase on its nutritional applications. *Trends in Food Science & Technology*, *86*, 553–562. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.001>
- Spiteri, M., & Soler, L.-G. (2018). Food reformulation and nutritional quality of food consumption: An analysis based on households panel data in France. *European Journal of Clinical Nutrition*, *72*(2), Article 2. <https://doi.org/10.1038/s41430-017-0044-3>
- Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., Mayo, B., Westerik, N., & Hutkins, R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *19*(1), 184–217. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12520>
- Tamang, J. P., Watanabe, K., & Holzapfel, W. H. (2016). Review: Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Frontiers in Microbiology*, *7*, article 377. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377>
- Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *103*(23), 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Tlais, A. Z. A., Lemos Junior, W. J. F., Filannino, P., Campanaro, S., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2022). How microbiome composition correlates with biochemical changes during sauerkraut fermentation: A focus on neglected bacterial players and functionalities. *Microbiology Spectrum*, *10*(4), e00168-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00168-22>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., Vries, W. D., Sibanda, L. M., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, *0*(0). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Xing, Q., Dekker, S., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., Smid, E. J., & Schutyser, M. A. I. (2020). Enhanced nutritional value of chickpea protein concentrate by dry separation and solid state fermentation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *59*, 102269. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102269>
- Youssef, M., Lafarge, C., Valentin, D., Lubbers, S., & Husson, F. (2016). Fermentation of cow milk and/or pea milk mixtures by different starter cultures: Physico-chemical and sensorial properties. *LWT - Food Science and Technology*, *69*, 430–437. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.060>