

Les levains vivants

Résumé

Les produits de panification au levain bénéficient d'une belle image auprès des consommateurs depuis quelques années et connaissent donc un essor dans de très nombreux pays. De plus, ils présentent de multiples atouts organoleptiques, techniques et nutritionnels. Cependant, élaborer un levain chef nécessite un savoir-faire empirique hautement technique de la part du boulanger et un temps incompressible qu'il est parfois difficile d'y consacrer. Et même lorsqu'on dispose de ce temps, il n'est pas toujours évident de parvenir à un microbiote équilibré et à un résultat reproductible et de qualité sans un boulanger expert. C'est pourquoi des levains vivants prêts à l'emploi, sont aujourd'hui disponibles sur le marché. Ces produits contiennent des souches de micro-organismes rigoureusement sélectionnées sur des critères tenant autant à leur innocuité qu'à leurs capacités métaboliques. Les levains vivants offrent ainsi à la fois facilité d'emploi, régularité, répétabilité et sécurité, tout en laissant aux professionnels la possibilité d'apposer leur signature à leurs produits, *via* leur choix de recettes et de techniques de panification. ■

Introduction

Les levains vivants prêts à l'emploi sont des ingrédients de panification contenant des levures et des bactéries vivantes, obtenu par une fermentation de farine de céréales ou de pseudo-céréales. Ils peuvent se présenter sous forme liquide, pâteuse ou sèche (poudre). Les levains vivants permettent d'obtenir des produits de panification au levain sans passer par l'étape d'élaboration d'un levain chef, qui requiert du temps et un savoir-faire expert. Ils peuvent être utilisés en combinaison avec de la levure de boulanger. Comme avec un levain qui aurait été élaboré par le boulanger, un levain vivant prêt à l'emploi permet à une population diversifiée de bactéries lactiques et de levures d'exprimer leurs activités métaboliques donnant à la pâte puis au pain des propriétés à la fois organoleptiques, technologiques et nutritionnelles.

1. Aux origines des levains vivants

1.1. Des alternatives à l'élaboration d'un levain chef

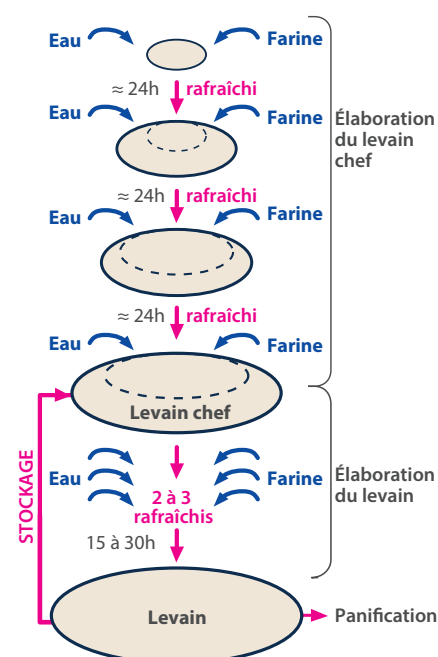
L'élaboration d'un levain par le boulanger nécessite plusieurs jours avant l'obtention d'un levain chef mature. Une fois élaboré, ce levain chef doit

de plus être entretenu par rafraîchis réguliers, c'est-à-dire des ajouts réguliers par le boulanger d'eau et de farine, dont le rôle est d'apporter de nouveaux nutriments aux micro-organismes (Figure 1). Enfin, élaborer et entretenir un levain n'est pas à la portée de tous. Il s'agit d'un véritable savoir-faire acquis par le boulanger au fil de son expérience.

En effet, le levain doit être mainte-

nu dans un équilibre dynamique rendu possible par des adaptations constantes dans sa gestion. De très nombreux paramètres doivent être maîtrisés pour parvenir à des produits de panification reproductibles et de qualité. Alors que certains sont subis par le boulanger (microbiote de la farine, environnement boulanger), d'autres doivent être parfaitement maîtrisés pour orienter la production de métabolites d'intérêt (voir encadré).

Figure 1. Elaboration d'un levain par le boulanger.



D'après Corsetti, 2013

Paramètres à maîtriser lors de l'élaboration d'un levain par le boulanger

- **Farine utilisée.** Outre les micro-organismes véhiculés par la farine, le type de céréales et la composition de la farine (teneur en fibres, amylases, protéines, taux de cendres, etc.) sont à l'origine de l'installation de niches écologiques typiques : les composés présents induisent une sélection des micro-organismes par orientation de leur métabolisme.
- **Environnement boulanger.** Les introductions successives de farine dans le lieu de panification créent ce que l'on appelle un « environnement boulanger » qui intervient dans l'établissement du microbiote du levain.
- **Température et fréquence des rafraîchis.** Les bactéries lactiques homofermentaires et hétérofermentaires facultatives sont souvent prédominantes dans les levains produits à haute température et avec un temps de fermentation court. En conséquence, leur présence conduit à une acidification rapide du levain et à une production élevée d'acide lactique. À l'inverse, les bactéries lactiques hétérofermentaires prévalent dans les levains produits à basse température avec des temps de fermentation longs. Elles produisent alors les acides lactique et acétique et/ou de l'éthanol (*Lesaffre Technical Library* 1292. Le métabolisme des levains).
- **Hydratation du levain.** Une teneur en eau élevée du levain favorisera la croissance des bactéries lactiques par rapport à celle des levures, et donc une acidification rapide du levain.

Levains vivants versus ferments panaires

Si levains vivants et ferments panaires contiennent tous des bactéries et des levures, ces deux catégories de produits se distinguent par leur application :

- les **ferments panaires** servent à préparer du levain vivant,
- les **levains vivants** permettent de confectionner du pain au levain.

Ainsi, alors que les premiers doivent être mélangés à de l'eau, de la farine et du sel afin d'élaborer un levain à incorporer à la pétrissée, les seconds sont directement ajoutés à la pâte.

1.2. Le nouvel essor des levains

Le recours aux levains a décliné au cours du 19^e et du 20^e siècle. En cause ? La haute technicité de la conduite des levains et les incertitudes de résultats (organoleptiques, technologiques, sanitaires...). Or, au cours des dernières années, la combinaison de la levure de boulanger dans la fabrication de pains au levain a montré l'effet positif de cette synergie, conduisant à des productions de pains plus favorables, tant sur le plan du volume que sur le plan organoleptique. Ainsi, les levains connaissent un nouvel essor (Figure 2), qui tient à plusieurs éléments :

- l'apparition de solutions techniques facilitant hautement la fabrication des levains ;
- l'utilisation de levains alliés aux levures de boulanger pour un résultat optimal sur tous les plans ;
- la garantie, sans aléa, de produits porteurs de goûts et d'arômes typiques recherchés ;
- les avantages présentés par les pains au levain en termes de conservation et de nutrition.

1.3. Production et utilisation des levains vivants

De nouvelles générations de levains, reproductibles et rapides à préparer, ont été développées comme alternatives à l'élaboration de levain par le boulanger. Pour cela, des souches préalablement

sélectionnées ont été étudiées *in vitro* puis *in situ* principalement pour leur cinétique d'acidification, leur activité protéolytique, leur aptitude à produire des composés aromatiques. Autre critère de sélection essentiel : les souches doivent être suffisamment compétitives pour dominer les processus de fermentation en conditions réelles (Corsetti, 2013).

Les levains vivants prêts à l'emploi, obtenus par une fermentation naturelle de farines de céréales, s'utilisent directement au pétrissage, sans nécessité de rafraîchir. Leur microbiote doit être stabilisé, c'est-à-dire contenir une quantité garantie de ferments vivants, proche des quantités présentes dans les levains élaborés par le boulanger. Les levains vivants peuvent être combinés à la levure de boulanger. À titre d'exemple, en France, le Décret Pain n°93-1074 du 13 septembre 1993 autorise une dose maximale de 0,2% de levure dans les pains au levain ; cette réglementation étant parmi les plus strictes. Cette combinaison assure à la fois la levée de la pâte, la texture et les notes aromatiques propres aux produits de panification au levain. Ils permettent *in fine* aux boulangers de s'affranchir des contraintes associées aux levains

chefs et de se concentrer sur la panification pour y développer toute une palette de produits avec leur propre signature.

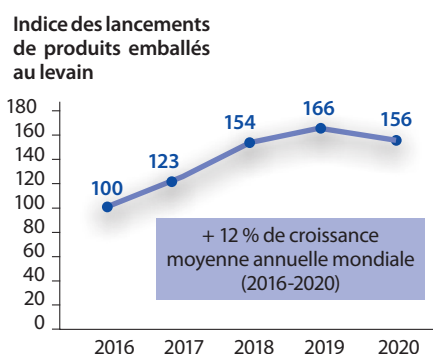
2. Caractéristiques des levains vivants

2.1. Un microbiote siège d'interactions

A l'instar des levains « faits maison » par le boulanger, les levains vivants prêts à l'emploi sont caractérisés par des microbiotes diversifiés. Ces levains prêts à l'emploi contiennent un ensemble de souches sélectionnées à partir de l'étude des microbiotes des levains "faits maison" (voir encadré p.4) pour leurs productions métaboliques vectrices d'atouts fonctionnels.

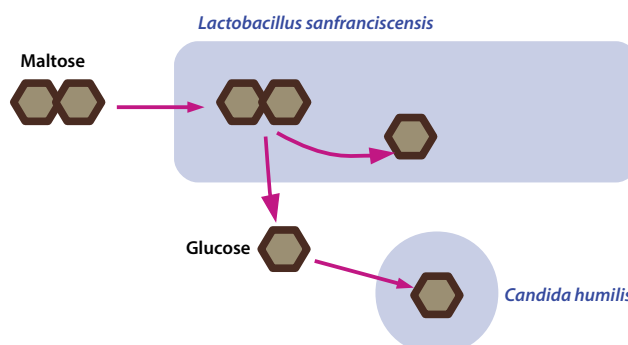
Toutes sortes d'interactions peuvent prendre place entre bactéries lactiques et levures au sein de cet écosystème que représente un levain : compétitions, voire antagonismes, et synergies. Le but, lors de la confection d'un levain est de promouvoir les synergies entre bactéries et levures, afin que chaque micro-organisme puisse exprimer son plein potentiel. L'exemple de synergie le plus connu est celui de *Lactobacillus sanfranciscensis* et de *Candida humilis*. *Lactobacillus sanfranciscensis* utilise le maltose comme source de carbone alors que *Candida humilis* est maltose-négative, c'est-à-dire que son métabolisme n'est pas adapté à l'utilisation de ce sucre, pourtant majoritaire dans la farine (Figure 3). Grâce à une voie métabolique spécifique, *Lactobacillus sanfranciscensis* hydrolyse le maltose en deux molécules de glucose dont une est

Figure 2. Croissance du marché mondial des produits de panification au levain.



Source : Innova Database

Figure 3. Exemple de synergie entre bactéries lactiques et levures.



excrétée dans le milieu. Ce glucose peut alors être utilisé par *Candida humilis*. D'autres interactions positives ont été observées entre *Lactobacillus sanfranciscensis* et *Kazakhstanic exigua* ou *Kazakhstanic barnetti*, qui sont également des levures maltose-négatives ; ou encore entre *Lactobacillus brevis* et *Saccharomyces cerevisiae* var. *chevalieri*, elle aussi maltose-négative. Ces interactions entre les bactéries lactiques et les levures présentes dans le levain sont la clé de sa stabilité au cours du temps (Lhomme et al., 2016 ; De Vuyst et Neysens, 2005).

2.2. Une expression guidée par le boulanger

De façon générale, les étapes de fermentation (apprêt et pointage) seront plus longues lors de l'utilisation de levains qu'en présence de levures seules. Ce temps supplémentaire est nécessaire à l'obtention d'une production suffisante de CO₂ par les levures du levain pour faire lever la pâte, même si les volumes spécifiques attendus pour les pains au levain sont moins importants. Notons toutefois que le temps de fermentation peut être plus court pour certains pains à base de seigle très denses et très acides, dont le volume spécifique attendu est très bas. En termes de cuisson, les pains au levain sont enfournés à haute température dans des fours sur sole afin de former une croûte épaisse qui ralentit leur dessèchement. De nombreux paramètres intervenant après l'élaboration du levain et relevant du

Biodiversité des levains élaborés par le boulanger

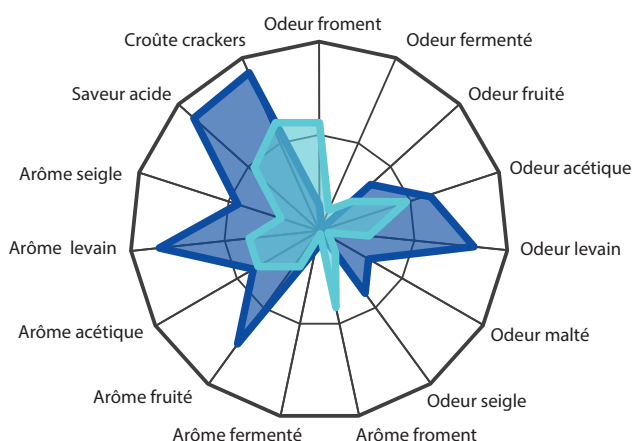
Près d'une centaine de souches de **bactéries lactiques** ont été décrites dans différents levains de panification à travers le monde (Arora et al., 2021). Celles du genre *Lactobacillus* sont les plus communes. Dans une moindre mesure, des bactéries des genres *Weissella*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Lactococcus* sont également présentes (Huys et al., 2013). Les espèces de lactobacilles les plus fréquemment retrouvées dans les levains vivants sont *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus amylovorus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus frumenti*, *Lactobacillus panis*, *Lactobacillus alimentarius*, *Lactobacillus paralimentarius*, *Lactobacillus pontis* ou *Lactobacillus rossiae* (Lhomme et al., 2016).

Bien que près d'une centaine d'espèces de **levures** aient aussi été répertoriées dans les levains de panification, les levures les plus fréquemment isolées sont *Candida humilis* et *Saccharomyces cerevisiae* (Arora et al., 2021). Ces espèces sont particulièrement adaptées à l'environnement complexe du levain et à la cohabitation avec les bactéries lactiques. Les autres espèces souvent retrouvées sont *Pichia kudriavzevii*, *Kazakhstanic exigua*, *Torulaspora delbrückii*, et *Wickerhamomyces anomalus*. La variabilité du nombre et des espèces de levures retrouvées dans les levains peut être attribuée au degré d'hydratation du levain, au type de céréale utilisée et à la température des rafraîchis, mais aussi à leur capacité à tolérer les acides organiques produits par les bactéries lactiques (Lhomme et al., 2016).

savoir-faire du boulanger sont à l'origine d'une diversité élevée de produits au levain (Lesaffre Technical Library 1301. Méthode prédictive pour maîtriser la fermentation au levain). Il est notamment possible de jouer sur la dose de levain ajouté, sur les durées de pointage et d'apprêt, sur la température ou encore sur l'ajout de levure de boulangerie. Ces paramètres complémentaires vont moduler l'expression du levain au pétrin, donnant lieu à une infinité de déclinaisons au niveau des produits finis.

La figure 4 compare ainsi les caractéristiques sensorielles, hautement différenciées, de deux pains pour lesquels la même crème de levain a été utilisée, en fermentation longue à hauteur de 5 % dans un cas, en fermentation courte à hauteur de 15 % dans l'autre. En termes analytiques, cela se traduit par des teneurs en acides lactique et acétique plus élevées dans le second cas. Sur le plan organoleptique, cela donne aux produits une signature unique, propre au boulanger en fonction des conditions de panification choisies.

Figure 4. Profils sensoriels de deux pains obtenus avec le même levain dans des conditions de panification distinctes.



■ Fermentation longue, ajout à 5% ■ Fermentation courte, ajout à 15%

2.3. Les avantages des levains vivants

Les levains vivants ont été développés pour pallier les difficultés rencontrées par les professionnels avec les levains chefs sans pour autant renoncer à leurs atouts technologiques et organoleptiques. Ils présentent de nombreux avantages.

2.3.1. Ensemencement massif

Les levains vivants présentent une concentration très élevée en micro-organismes vivants. A date de durabilité minimale, ils contiennent un minimum de 10⁷ CFU de bactéries/g et de 10⁵ CFU de levures/g. Cette abondance assure un ensemencement massif direct de la pâte. Ces micro-

organismes vont pouvoir prendre le dessus sur le microbiote de la farine, de composition variable et inconnue (Kulp et Lorenz, 2003). Les levains vivants permettent ainsi d'orienter le développement des micro-organismes, afin d'obtenir un microbiote choisi selon les caractéristiques recherchées.

2.3.2. Sécurité sanitaire

Les critères de sélection des souches de bactéries et levures utilisées dans les levains vivants portent aussi sur leur innocuité (par exemple, statut GRAS, pour *Generally recognized as safe*). Ainsi, l'ensemencement par ces souches sélectionnées garantit la qualité sanitaire des produits en évitant notamment la prolifération de bactéries pathogènes.

2.3.3. Résultats reproductibles

Du fait de la maîtrise du microbiote présent dans les levains vivants, leur utilisation garantit des produits aux propriétés constantes, selon les fonctionnalités ciblées par le professionnel : pouvoir levant et/ou acidifiant, ratio défini entre acide lactique et acide acétique (quotient fermentaire, QF), qui oriente les propriétés organoleptiques du produit, etc.

2.3.4. Facilité d'emploi

Le recours aux levains vivants permet de s'affranchir des étapes de démarrage et d'entretien du levain. Le boulanger dispose d'un levain pouvant être directement introduit dans la pétrissée. Aucun rafraîchi n'est nécessaire et le pain au levain peut être élaboré en l'absence du boulanger expert.

2.3.5. Produits personnalisés

Il existe une grande diversité de levains vivants, chacun présentant un assemblage spécifique de micro-organismes. Grâce au choix d'un levain contenant des souches de bactéries et de levures adaptées aux fonctionnalités recherchées, le professionnel donne à son produit la typicité qu'il souhaite. Les réglages des paramètres de fermentation (durée, température, hydratation, etc.) lui permettent d'affiner encore davantage les résultats obtenus afin de créer une signature unique permettant au boulanger de se différencier de ses concurrents (*Lesaffre Technical Library* 1301. Méthode prédictive

pour maîtriser la fermentation au levain). En outre, les levains vivants peuvent être utilisés pour la fabrication de tout type de produits : baguettes, pains spéciaux, pains de mie, viennoiseries, etc.

3. Propriétés fonctionnelles

Tout comme les levains élaborés par le boulanger selon son savoir-faire, les levains vivants prêts à l'emploi contribuent à la levée de la pâte, à la texture du pain, à son goût, à sa conservation et au développement de qualités nutritionnelles propres aux produits de panification au levain. L'ensemble de ces propriétés sont détaillées dans la figure 5.

3.1. Propriétés organoleptiques

Les métabolites produits à partir des levains vivants sont essentiels au processus de panification et à l'obtention de produits de haute qualité organoleptique.

3.1.1. Texture

Dans le levain, le CO₂, à l'origine des bulles qui font gonfler la pâte, peut être formé à la fois par les levures et les bactéries lactiques. Bien qu'elles soient en infériorité numérique, les levures produisent 3 à 4 fois plus de CO₂ que les bactéries lactiques. Ces dernières peuvent toutefois participer à cette performance : *Saccharomyces cerevisiae* produit davantage de CO₂ en présence de bactéries telles que *Lactobacillus sanfranciscensis* ou *Lactobacillus plantarum* (Gobbetti, 1998). Certains levains vivants contenant très peu de levures et utilisés notamment pour la panification du seigle ne possèdent pas cette aptitude à faire lever la pâte. Hormis dans le cas de ces pains à faible volume spécifique, le CO₂ est responsable du volume du pain et de l'alvéolage de la mie. Ces paramètres visuels sont importants pour le consommateur et influent sur les perceptions de la mie au toucher et en bouche, notamment la perception du moelleux de la mie et ses propriétés de mâche (*Lesaffre Technical Library* 1307. Les pains à croûte).

Mesurer la performance d'un levain

La performance d'un levain peut être évaluée à l'aide de différentes techniques d'analyse microbiologiques et physico-chimiques (Corsetti, 2013) :

- **Dénombrement microbien standard** : il sert à évaluer la densité cellulaire des bactéries lactiques et des levures.
- **Analyses phénotypiques et génétiques** : elles permettent d'identifier et de classer les bactéries lactiques et les levures.
- **Détermination des paramètres physico-chimiques** : les caractéristiques physico-chimiques liées à la performance du levain sont déterminées par l'évaluation des paramètres suivants :
 - **Le rendement en pâte** (ou DY pour *Dough Yield*) : plus communément appelé fraction de farine fermentée par les boulangers, il désigne le ratio entre le poids de la pâte (eau + farine + levains + ingrédients éventuels comme le sel) et le poids de la farine, multiplié par 100. Ce paramètre a un impact direct sur la rhéologie de la pâte et doit être pris en compte dans la recette (correction nécessaire afin de prendre en compte l'eau introduite via le levain).
 - **Le pH** : un pH final compris entre 3,5 et 4,3 est généralement considéré comme un indice de bonne fermentation du levain. Cette zone de pH acide permet aussi de garantir la stabilité de la pâte.
 - **L'acidité titrable totale** : elle rend compte de la quantité des acides organiques produits (modulée par la valeur tampon de la farine). Plusieurs méthodes existent pour la calculer, toutes basées sur la neutralisation des acides contenus dans une solution de levain par de la soude. Les deux plus connues sont la TTA, avec une neutralisation à pH 6,6 et le *Sauergrad*, avec une neutralisation à pH 8,5.
 - **Le quotient fermentaire (QF)** : le QF indique le rapport molaire entre les acides lactique et acétique durant la fermentation au levain.

3.3.1. Réponse glycémique

Le pain au levain pourrait présenter un index glycémique (IG) plus bas que les autres pains (Lhomme *et al.*, 2016). Cet indice mesure la propension d'un aliment à élever la glycémie : des indices glycémiques bas sont donc recherchés. L'acide lactique produit par les bactéries lactiques, en diminuant la gélification de l'amidon, le rendrait moins digestible et donc moins rapidement assimilable. Un effet qui serait d'autant plus marqué que les pains au levain résultent d'une fermentation longue et présentent un pH faible (Katina et Poutanen, 2013). Les aliments à IG bas permettent de ralentir la réponse glycémique, avec un effet sur la sensibilité à l'insuline et potentiellement sur la satiété.

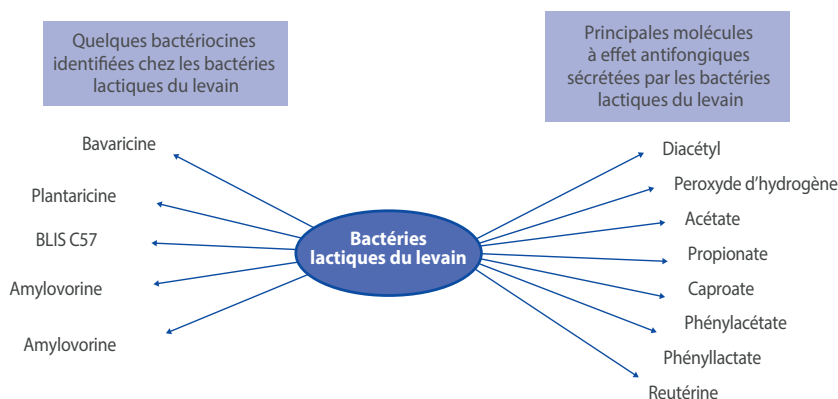
3.3.2. Biodisponibilité des minéraux

Les céréales représentent une source importante de minéraux (potassium, phosphore, calcium, magnésium, fer, etc.). Néanmoins, leur absorption intestinale est limitée du fait de la présence d'acide phytique, acide organique avec lequel les minéraux forment des sels insolubles, les phytates. L'utilisation de levain apporte des enzymes (phytases) capables de dégrader ces phytates et crée les conditions optimales à leur activation, augmentant ainsi la solubilité des minéraux (Konietzny et Greiner, 2002 ; Lhomme *et al.*, 2016).

3.3.3. Diminution de la sensibilité au gluten

Certains peptides issus de l'hydrolyse des gliadines (protéines qui composent le

Figure 6. Molécules sécrétées par les bactéries lactiques des levains inhibant les microorganismes d'altération



Sources : d'après Lhomme *et al.* 2016 ; Schnürer et Magnusson 2016

gluten avec les gluténines) sont responsables de réactions inflammatoires intestinales chez certaines personnes (patients atteints de la maladie cœliaque, voire juste hypersensibles au gluten). De récentes études ont permis d'identifier certaines bactéries lactiques capables de réduire significativement les teneurs en ces protéines lors de la panification (Fraberger *et al.*, 2020 ; Huang *et al.*, 2020).

3.3.4. Réduction de la teneur en acrylamide

L'acrylamide est un composé cancérigène qui se forme à partir d'un acide aminé, l'asparagine, et un sucre réducteur à des températures supérieures à 120 °C selon une réaction chimique, la réaction de Maillard. L'acrylamide se forme ainsi dans les produits de panification lors de la cuisson. L'incorporation de levains permet de réduire sa formation (Micheaux *et al.*,

2014 ; Lesaffre Technical Library 1279. Des solutions contre la formation d'acrylamide en panification). Cette réduction reposerait sur trois mécanismes d'action des levains :

- abaissement du pH, ce qui inhibe la réaction de Maillard ;
- métabolisation de l'asparagine par les micro-organismes des levains ;
- sécrétion d'asparaginases dans le milieu.

3.3.5. Effets prébiotiques des exopolysaccharides (EPS)

Si les effets des exopolysaccharides (glucanes, fructanes, etc.) sécrétés par les bactéries lactiques sur la texture des pains sont bien connus, le rôle prébiotique de ces molécules est également à l'étude. Notamment, certaines souches de *Lactobacillus sanfranciscensis* stimuleraient le microbiote intestinal dans des modèles *in vivo* (Katina et Poutanen, 2013 ; Korakli *et al.*, 2002).

Conclusion

Saveurs, arômes, fraîcheur, bienfaits nutritionnels... les pains élaborés à partir de levain ont de nombreux atouts qui séduisent chaque jour davantage de consommateurs. Pour répondre à cette demande croissante, Lesaffre a développé des techniques d'élaboration simple, rapide et reproductible de levains vivants prêts à l'emploi qui regroupent tous les avantages d'un levain "fait maison", avec la possibilité de créer sa propre signature, tout en garantissant la régularité des produits et leur simplicité de mise en œuvre. Ces levains, alliés à un ajout substantiel

de levures de boulanger, garantissent une bonne levée de pâte tout en assurant les autres fonctions attendues d'un levain : richesse aromatique, conservation, texture, etc. En utilisant ces levains vivants, voire en les associant aux autres solutions dédiées (levains dévitalisés, acidifiants...), les professionnels de la boulangerie peuvent se recentrer sur la panification et moduler à souhait l'expression de leurs levains, pour proposer des produits personnalisés toujours plus variés.

Bibliographie



Arora K, Ameer H, Polo A, Di Cagno R, Rizzello CG, Gobbetti M. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review, *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 108:71-83.

Corsetti A. 2013. Technology of Sourdough Fermentation and Sourdough Applications. *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer, pp. 85-103.

De Vuyst L, Neysens P. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*. 2005; 16(1-3):43-56.

Fraberger V, Ladurner M, Nemec A, Grunwald-Gruber C, Call LM, Hocheegger R, Domig KJ, D'Amico S. Microbiology of Sourdough. *Handbuch Sauerteig: Biologie, Insights into the Potential of Sourdough-Related Lactic Acid Bacteria to Degrade Proteins in Wheat. Microorganisms*. 2020 Oct 30;8(11):1689.

Galle S. 2013. Sourdough: A tool to improve bread structure. *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer, pp.217- 228.

Huang X, Schuppan D, Rojas Tovar LE, Zevallos VF, Lopenen J, Gänzle M. Sourdough Fermentation Degrades Wheat Alpha-Amylase/Trypsin Inhibitor (ATI) and Reduces Pro-Inflammatory Activity. *Foods*. 2020 Jul 16;9(7):943.

Huys G, Daniel HM, De Vuyst, L. 2013. Taxonomy and biodiversity of sourdough yeasts and lactic acid bacteria. *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer, pp. 105-154.

Katina K, Poutanen K. 2013. Nutritional Aspects of Cereal Fermentation with Lactic Acid Bacteria and Yeast. In: Gobbetti M., Gänzle M. (eds) *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer, Boston, MA.

Konietzny U, Greiner R. Molecular and catalytic properties of phytate-degrading enzymes (phytases). *Int J Food Sc Tech*. 2002; 37:791-812.

Korakli M, Gänzle MG, Vogel RF. Metabolism by bifidobacteria and lactic acid bacteria of polysaccharides from wheat and rye, and exopolysaccharides produced by *Lactobacillus sanfranciscensis*. *J Appl Microbiol*. 2002; 92(5):958-65.

Lhomme E, Dousset X, Onno B. 2016. Les levains de panification : Microbiote et Fonctionnalités. *Editions universitaires européennes*.

Micheaux C, Mouly I, Nevians J. Sourdough fermentation: An effective way to reduce acrylamide formation in baked products. Campen BRI Bakery Technology Conference, 3-4th June 2014.

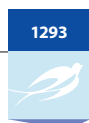
Schnürer J, Magnusson J. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. *Trends in Food Science & Technology*. 2005; 16(1): 70-8.

Lesaffre Technical Library*

*Bibliothèque technique Lesaffre

La *Lesaffre Technical Library* est un fond documentaire destiné aux professionnels de la panification à la recherche d'informations précises et objectives sur leur métier. Elaborées par des experts en panification Lesaffre, provenant de tous les continents (techniciens boulangers, formulateurs, ingénieurs de recherche...), ces parutions répondent aux attentes des boulangers en leur apportant un regard technique et scientifique à la fois accessible et exigeant. Les thèmes abordés sont nombreux et variés, et couvrent l'ensemble des problématiques du moment : familles de produits, types de panifications, process, fonctionnalités...

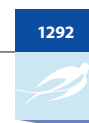
Pour aller plus loin



1293
Microbiologie
des levains



1301
Méthode prédictive pour maîtriser
la fermentation au levain



1292
Le métabolisme
des levains

Acteur référent sur le plan mondial, Lesaffre conçoit, produit et apporte des solutions pour la panification, la nutrition, la santé et la protection du vivant, à partir de levures, ingrédients et autres produits de fermentation. Proche de ses clients et ses partenaires, Lesaffre entreprend avec confiance pour mieux nourrir et protéger la planète.

Contact : **Stéphan Béague** • +33 3 20 81 61 00 • s.beague@lesaffre.com

LESAFFRE 