

Volume et tolérance

Résumé

La prise de volume des produits de panification repose sur deux piliers techniques majeurs : une production de CO₂ efficace et un réseau de gluten suffisamment développé pour retenir ce gaz. S'ajoutent à ces pré-requis d'autres facteurs que l'on cherchera à développer en panification : une tolérance élevée de la pâte aux excès de fermentation mais aussi une capacité à supporter les différents stress inhérents à des process comme la pousse contrôlée ou la surgélation. Pour ce faire, le boulanger doit mettre en œuvre des matières premières répondant à des spécifications précises (force de la farine, taux d'amidon endommagé, etc.) et maîtriser les paramètres du process aussi bien au niveau du pétrissage que de l'apprêt ou de la cuisson. Pour faciliter son travail au quotidien, des solutions techniques existent : émulsifiants, oxydants, enzymes... nombreux sont les ingrédients qui ont un rôle à jouer tout au long du process. Cet article s'attachera à présenter les mécanismes à l'origine du volume en panification, puis les paramètres critiques à maîtriser dans le process et enfin les ingrédients à propriétés fonctionnelles susceptibles d'accompagner le boulanger d'un bout à l'autre de la production. ■

Introduction

Au même titre que la forme ou la couleur du pain, le volume fait partie des caractéristiques d'aspect déterminantes pour le consommateur, qui les apprécie dès le premier contact visuel. Le volume d'un produit de panification est considéré comme satisfaisant quand celui-ci présente un aspect gonflé, régulier, c'est-à-dire quand il a connu une pousse complète et homogène en tout point du produit. Il est interprété comme un signe de qualité garant d'un produit savoureux. Dès lors, une panification réussie doit tout mettre en œuvre pour assurer le volume optimal de produits aussi divers que les baguettes, pains à croûte, pains de mie ou encore spécialités briochées.

1. La prise de volume des pains

Le développement d'une pâte, et donc le volume des produits finis, est conditionné par deux facteurs :

- d'une part le volume de gaz produit au cours de l'apprêt sous l'effet de la fermentation ;
- d'autre part la possibilité de rétention de ce gaz, non seulement pendant l'apprêt mais aussi au cours des premières minutes de cuisson, pendant lesquelles le pâton va gonfler et se stabiliser à son volume final (Inra, 1994).

Les mécanismes à l'origine de ces deux phénomènes sont détaillés ci-dessous.

1.1. La production de CO₂ pendant la fermentation

Le gonflement d'une pâte résulte de la production de gaz carbonique (CO₂) au cours des phases de fermentation (Figure 1). Cette fermentation est essentiellement assurée par les levures présentes dans la pâte à partir de sucres qu'elles utilisent comme substrats. Les sucres fermentescibles naturellement présents dans la farine, rapidement utilisés, sont peu à peu relayés par des sucres produits à partir de l'amidon grâce à des enzymes présentes dans la farine : les amylases.

1.1.1. La fermentation alcoolique, à l'origine de la poussée gazeuse

Au cours de la fermentation, les levures présentes dans la pâte (*Saccharomyces cerevisiae* essentiellement) transforment les sucres simples présents (glucose, fructose) en alcool et en dioxyde de carbone :

c'est la fermentation alcoolique (Figure 1). Le gaz ainsi formé est à l'origine de la pousse que connaît la pâte au cours de l'apprêt, avant d'être enfournée. Les bulles de CO₂ emprisonnées dans la pâte formeront les alvéoles présentes dans la mie après la cuisson du pain (loi de la dilatation des gaz).

1.1.2. Des sucres de différentes origines pour assurer la production gazeuse

La fermentation alcoolique, et donc la production de CO₂ et la prise de volume, repose sur la présence dans la farine de différents types de sucres qui seront successivement utilisés comme substrats par la levure (Figure 2).

• Les sucres simples

La farine contient quelques sucres simples (monosaccharides et disaccharides), que la levure va pouvoir utiliser dans un premier temps. En tant que monosaccharides, le glucose et le fructose sont directement assimilables. La levure peut aussi métaboliser le maltose, disaccharide présent dans le milieu, d'abord en l'introduisant dans sa cellule par transport actif via une maltose perméase membranaire puis en l'hydrolysant en deux molécules de glucose grâce à une enzyme intracellulaire, la maltase. Dans les recettes contenant du saccharose (pâtes sucrées), celui-ci est hydrolysé en glucose et fructose grâce à l'invertase, enzyme extracellulaire produite par la levure. Hormis ce dernier cas, les sucres simples se trouvent

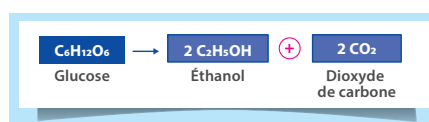
en général présents en quantités limitées dans la pâte et sont rapidement épuisés par le métabolisme fermentaire de la levure. Cela se traduit par un ralentissement transitoire dans la production de CO₂.

• L'amidon

Après épuisement des sucres simples dans la pâte, l'amidon, polysaccharide contenu en quantité élevée dans la farine, devient la source majeure de sucres nécessaires à la fermentation alcoolique. Mais pour être utilisable par la levure, celui-ci doit être préalablement hydrolysé en molécules plus petites par des enzymes : les amylases. Ces enzymes sont de deux types qui exercent des effets complémentaires : les alpha-amylases (endo-enzymes) sont capables d'hydrolyser les liaisons glucidiques à l'intérieur des chaînes d'amylose et d'amylopectine, quand les bêta-amylases coupent les liaisons à partir des extrémités des chaînes carbonées (exo-enzymes). Si les bêta-amylases sont naturellement présentes dans les farines en quantités adéquates, il est fréquent de devoir ajouter des alpha-amylases dont les teneurs se révèlent souvent insuffisantes (cf. 3.2). Les amylases opèrent dès le pétrissage jusqu'à leur dénaturation sous l'effet de la chaleur lors de la cuisson au four (Pyler et Gorton, 2008). L'amidon ainsi dégradé permet la mise à disposition de nouveaux sucres simples (maltose et glucose), aussitôt utilisés comme substrats par la levure, relançant ainsi la fermentation et la production gazeuse (Figure 2).

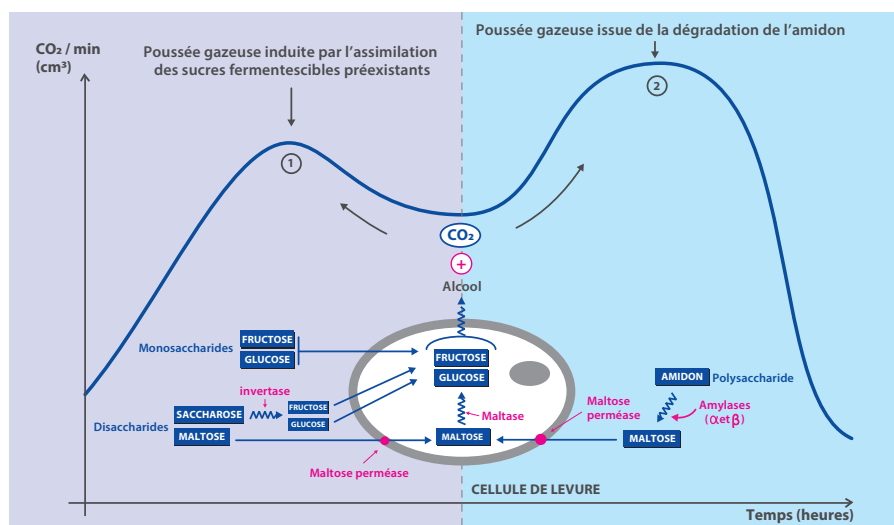
Néanmoins, l'amidon de la farine est constitué de granules naturellement très solides pratiquement inattaquables par les enzymes en l'état (Pérez *et al.*, 2009). Lors de la mouture du blé au moulin, du fait des pressions exercées par les cylindres, une fraction plus ou moins importante des granules d'amidon subit un endommagement

Figure 1. La production de CO₂ par la fermentation alcoolique.



Cette réaction métabolique s'opère aussi bien à partir des sucres en C₆ (glucose) qu'en C₅ (fructose).

Figure 2. Processus de dégradation des sucres par la levure au cours de la fermentation panaire.



mécanique, allant de la simple éraflure à la dislocation, en passant par un aplatissement avec décohérence interne. L'amidon ainsi endommagé devient vulnérable aux attaques enzymatiques.

1.2. La rétention du gaz dans la pâte par le gluten

Si les glucides de la farine, en tant que substrats de la fermentation, jouent un rôle majeur pour la production du gaz nécessaire à la prise de volume, ce sont les protéines du blé qui assurent sa rétention dans la pâte. Les gluténines et les gliadines sont en effet à l'origine d'un réseau protéique visco-élastique : le gluten. Ce réseau se forme lors de l'hydratation de la farine au cours du pétrissage. De nombreux types de liaisons existent entre les gliadines et gluténines. Parmi elles, les ponts disulfures (liaisons covalentes) s'avèrent être les plus solides ; leur rôle est essentiel pour assurer la cohésion du réseau.

1.2.1. Former le réseau glutineux

Le pétrissage s'organise en plusieurs étapes au cours desquelles le réseau de gluten se met progressivement en place (Le Blanc, 2007) :

- l'étape de **frassage** consiste à mélanger les ingrédients. Elle permet notamment la dispersion de l'eau entre les particules de farine ainsi que l'absorption de l'eau par les protéines du gluten et l'amidon ;
- la **seconde étape**, appelée **malaxage**, constitue le pétrissage à proprement parler. La pâte subit dans le pétrin des mouve-

ments de cisaillement, d'étirement, de compression ainsi qu'un battage (incorporation d'air). C'est au cours de cette étape que le réseau glutineux se structure, via le déroulement des pelotes protéiques et l'orientation progressives des protéines en films plus ou moins parallèles. Des grains d'amidon sont emprisonnés dans ce réseau, qui intègre également des cellules gazeuses. L'air inclus dans la pâte grâce au battage forme un micro-alvéolage qui servira de niche au CO₂ formé ensuite par la fermentation. La bonne structuration du réseau de gluten permettra une rétention gazeuse optimale à l'origine du développement des produits (Figure 3). Il est nécessaire de veiller à éviter un sur-pétrissage, qui, en poussant trop loin l'extension des fibrilles protéiques, fragilise le réseau glutineux et rend la pâte collante. Par ailleurs, la vitesse appliquée dans le pétrin au cours du pétrissage n'est pas sans effet sur la qualité du réseau de gluten. Les méthodes de pétrissage en vitesse lente (PVL) limitent le développement du réseau (agrégats protéiques mal dispersés) ainsi que l'incorporation d'air dans la pâte. Dans la méthode de pétrissage intensifié (PI), le

malaxage s'opère à vitesse rapide (après un frassage de quelques minutes en vitesse lente). Cette méthode permet d'obtenir une pâte avec un réseau glutineux très développé, particulièrement extensible, et d'incorporer beaucoup d'air. L'alvéolage de la mie est important et régulier. Néanmoins, le pain obtenu, bien que plus volumineux, exprimera un goût moins marqué qu'en PVL du fait de l'oxydation des composés volatils. Grâce à une vitesse intermédiaire, le pétrissage amélioré (PA) permettra d'obtenir un résultat satisfaisant à la fois en termes de volume et de goût.

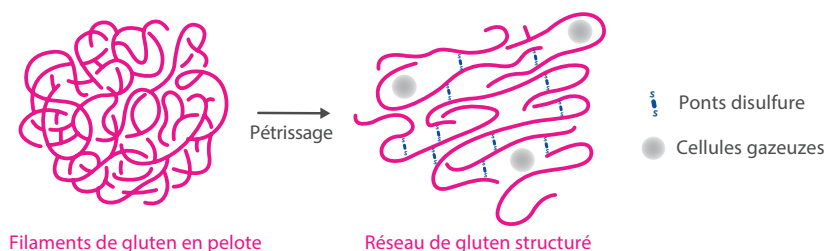
1.2.2. Assouplir le gluten

Certaines farines particulièrement fortes peuvent donner lieu à des glutens courts manquant d'extensibilité. Une étape intermédiaire d'autolyse, intervenant dans le processus de pétrissage entre l'étape de frassage et de malaxage peut alors se révéler bénéfique. Cette technique consiste à réaliser une pâte uniquement à base de farine et d'eau, et à la laisser reposer de 15 minutes à plusieurs heures après le frassage ou après quelques minutes de malaxage. Au cours de cette période, les protéines de gluten subissent une hydrolyse par les protéases présentes dans la farine. Cela permet de relâcher le réseau de gluten et d'augmenter son extensibilité, favorisant la prise de volume et la régularité des produits (l'extensibilité de la pâte réduit la résistance à la poussée gazeuse).

Les techniques de pré-fermentation à la levure, qui consistent à réaliser un sponge à partir d'un mélange d'eau, de farine et de levure de boulangerie (*Lesaffre Technical Library* 1295. Les pré-fermentations à la levure), puis à l'utiliser comme pré-ferment dans une pâte réalisée avec le reste des ingrédients, exerce les mêmes effets en termes d'assouplissement du gluten.

Autre possibilité technique pour accroître l'extensibilité du gluten : l'ajout de levure

Figure 3. Constitution du réseau de gluten au cours du pétrissage.



désactivée, qui limite la formation de ponts disulfures entre les filaments de gluten. Les chaînes protéiques glissent ainsi davantage les unes par rapport aux autres, facilitant la prise de volume et réduisant la rétraction des pâtons (*Lesaffre technical Library* 1281. La levure à pouvoir réducteur).

1.3. La tolérance de la pâte facilite la prise de volume

La tolérance d'une pâte est définie comme sa capacité à supporter sans dommage des temps de fermentation excessifs au pointage ou à l'apprêt, la pousse au four, les chocs mécaniques et les stress du processus (pousse contrôlée, surgélation...). Cette aptitude apporte de la souplesse à l'organisation du travail du boulanger, en permettant certains décalages dans le temps sans affecter la qualité finale des produits. La tolérance constitue un facteur déterminant du développement des pâtes et donc du volume des produits finis, que l'on cherche à développer en panification. Elle dépend de plusieurs facteurs (Calvel, 1975) :

- la valeur boulangère de la farine, c'est-à-dire la quantité et la qualité des protéines à l'origine du gluten, améliorent la tolérance ;
- les pâtes qui fermentent lentement (eau de coulage fraîche, faible dose de levure) sont plus tolérantes que les pâtes à fermentation rapide ;
- les pâtes subissant une pré-fermentation au levain ou à la levure présente en général un degré de tolérance légèrement supérieur aux pâtes issues d'une fermentation directe. Néanmoins, l'acidification ne doit pas être trop poussée sous peine d'endommager le réseau glutineux.

2. Les paramètres garants du volume

Le bon déroulé de la fermentation d'une part, de la formation du réseau de gluten d'autre part, véritables piliers d'une prise de volume satisfaisante, repose sur un grand nombre de paramètres techniques, détaillés ci-dessous, tant au niveau des ingrédients que du schéma de panification mis en œuvre.

2.1. La qualité de la farine

Principal ingrédient de la pâte, la farine joue un rôle déterminant dans la prise de volume des pains (*Lesaffre Technical Library* 1303. Propriétés boulangères des farines). Déterminés par des facteurs agronomiques (variété de blé, conditions climatiques durant la culture et la moisson, conditions de stockage du blé) ainsi que les conditions meunières (mélanges variétaux, procédé de mouture, temps de « plancher » ou de maturation avant utilisation en panification, etc.), plusieurs paramètres de composition des farines se révèlent essentiels.

• Les gliadines et gluténines

Les farines de blé sont constituées de deux types de protéines : les protéines solubles (albumines et globulines) et les insolubles (gliadines et les gluténines). La quantité totale de gliadines et de gluténines, constitutives du réseau de gluten, ainsi que leur rapport, déterminent les propriétés visco-élastiques de la pâte. Les gliadines lui confèrent son extensibilité (capacité à s'allonger sans se déchirer) tandis que les gluténines sont à l'origine de son élasticité (aptitude du pâton à revenir à sa forme initiale après étirement ou déformation). Le rapport élasticité/extensibilité (Encadré page 5) doit être équilibré pour permettre une prise de volume satisfaisante.

À noter que les protéines de céréales comme le seigle présentent une faible aptitude à la constitution d'un réseau de gluten solide capable de retenir le gaz issu de la fermentation (*Lesaffre technical Library* 1289. Le moelleux du seigle).

• L'amidon endommagé

Un minimum de 5 % d'amidon endommagé garantit un substrat suffisant aux levures pour leur activité fermentaire. Mais un taux supérieur à 10 % peut conduire à une pâte collante du fait de sa plus haute capacité de rétention d'eau (Slulmer, 2005).

• Les arabinoxylanes

La farine contient des xylanes, qui font partie d'une famille de sucres en C5 (xylose) incluse dans les hémicelluloses. Ces sucres, non assimilables par la levure, ont la propriété de capter jusqu'à 10 fois leur poids en eau : si les xylanes ne représentent que 2 à 3 % de la masse de la farine, ils sont capables de fixer 25 % de l'eau présente dans la pâte. L'eau

ainsi retenue n'est donc pas disponible pour la formation du réseau de gluten à partir des protéines. Il a été montré que les arabinoxylanes – principaux xylanes des céréales – nuisent à la qualité du réseau de gluten et compromettent ses propriétés rhéologiques ainsi que la prise de volume (Autio, 2006).

• Les lipides polaires

Bien que les lipides représentent une fraction faible des composants de la farine (1,4 à 2 %), ils contribuent de façon déterminante aux caractéristiques de la pâte. Notamment les lipides polaires (0,6 à 1 % de la farine), comprenant les phospho- et les glycolipides, agissent sur la viscosité et la plasticité de la pâte. Bien que les mécanismes d'action ne soient pas parfaitement connus, la partie hydrophile de ces composés pourrait former des liaisons non covalentes avec les protéines ; le rassemblement des têtes hydrophobes entre les films protéiques constituerait alors un plan glissant permettant la déformation de la pâte sous l'effet des forces exercées au pétrissage ou encore sous l'effet du dioxyde de carbone (Pylar et Gorton, 2008). En tant que surfactants à l'interface entre les cellules gazeuses et la pâte, ils pourraient par ailleurs stabiliser les alvéoles (Selmair et Koehler, 2010). Quels que soient les mécanismes, lorsque l'on retire les lipides polaires de la farine, la prise de volume des pains est largement affectée.

2.2. Les autres ingrédients

• L'eau

La quantité d'eau ajoutée au coulage est déterminante pour l'obtention d'une pâte à la consistance satisfaisante. Une quantité d'eau trop importante donnera lieu à une pâte « douce », c'est-à-dire qui manque de force, ce qui la rendra plus difficile à travailler, favorisera son affaissement, et altèrera donc le volume final des pains. Inversement, une pâte trop ferme par manque d'hydratation compromettra le développement en réduisant l'extensibilité. Le farinographe permet de mesurer la consistance de la pâte en lien avec la quantité d'eau introduite (Encadré p.5).

• La levure

Des doses de levure trop élevées, en accélérant la fermentation, se traduisent par une détérioration de la tolérance de la pâte, susceptible de nuire à la prise de volume.

• Le sel

Le sel exerce des actions opposées sur les différents paramètres technologiques à l'origine du volume du pain (*Lesaffre Technical Library* 1278. Réduction du sel en panification). Il ralentit la cinétique de fermentation des levures, ce qui se traduit par une diminution de la production de CO₂ ainsi que par un temps de pousse plus important. Néanmoins, en créant des liaisons électriques avec les protéines, il renforce le réseau de gluten et donc son pouvoir de rétention gazeuse. *In fine*, des teneurs en sel de l'ordre de 1 à 1,5 % du poids de farine semblent engendrer des pains de volume optimaux (Pylar et Gorton, 2008).

2.3. Le processus de panification

Les étapes successives de la panification sont autant de points sensibles susceptibles de moduler la prise de volume des pains.

• Pétrissage

Au cours du pétrissage, un débobinage insuffisant des protéines peut compromettre la formation du réseau glutineux. Par ailleurs, la température de la pâte joue un rôle essentiel sur sa prise de force. Elle dépend à la fois de la température des ingrédients mis en œuvre mais aussi de la température du local. Une température de pâte aux alentours de 18-20°C doit être recherchée (plutôt 18°C dans le cas de certains process comme le cru surgelé, afin de ralentir le début de la fermentation tout en permettant le bon développement du réseau de gluten ; *Lesaffre Technical Library* 1305. Le cru surgelé).

• Façonnage

Le risque de déchirement de surface des pâtons lors du façonnage entraîne un manque de perméabilité qui pourra se traduire par un manque dans le volume des pains. Une phase de détente avant le façonnage peut dans ce cas être recommandée.

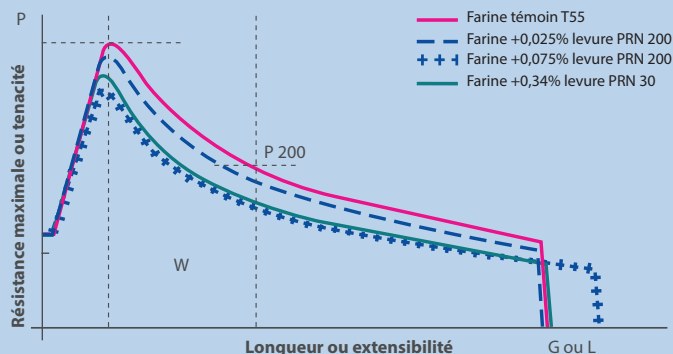
• Apprêt

Suite au pétrissage, l'apprêt constitue l'étape du processus de panification la plus déterminante pour le volume des produits. Sa durée, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à deux types de problèmes : enfournés trop jeunes, les pâtons présentent un risque d'éclatement au four conduisant à des pains difformes ; trop longtemps poussés, les

Mesurer les propriétés rhéologiques des pâtes

Propriétés visco-élastiques (Alvéographe de Chopin)

On apprécie les propriétés visco-élastiques du gluten par l'intermédiaire de la « force » (ou l'aptitude à la déformation) de la farine (W) et du rapport élasticité/extensibilité (P/L). Ces paramètres sont définis par l'utilisation d'un alvéographe de Chopin. Il mesure et enregistre la déformation d'une pâte boulangère à 43,25 % d'eau, soumise à la poussée d'un volume d'air croissant jusqu'à la rupture de la bulle de pâte ainsi formée.



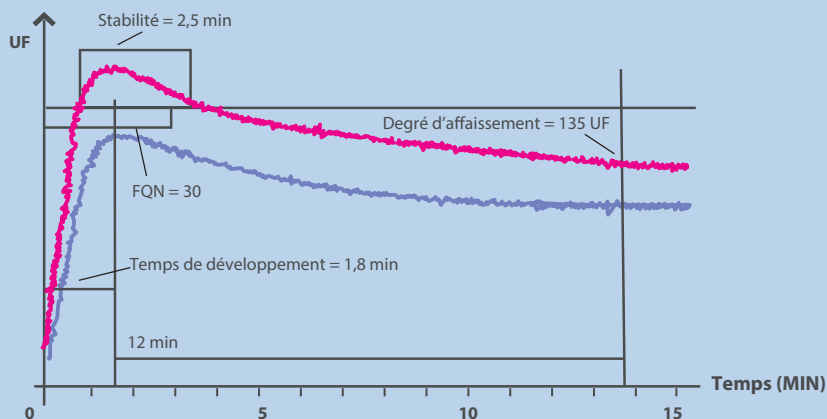
- Ténacité de la pâte (ou élasticité) P : pression maximale enregistrée à l'intérieur de la bulle de pâte.
- Extensibilité de la pâte G ou L : gonflement maximal avant que la bulle de pâte n'éclate.
- Force boulangère de la farine W : surface sous la courbe.
- Indice d'élasticité I_e : rapport $P_{200}/P \times 100$, où P_{200} représente la pression à 4 cm du début de la courbe. Un rapport P/L de l'ordre de 0,7 convient à la baguette (Branlard et al., 2008), mais sa valeur optimale diffère selon le type de pain.

Source : Bouquelet, 2016

Consistance de la pâte (Farinographe de Brabender)

Les paramètres relatifs à la consistance de la pâte en cours de pétrissage peuvent être mesurés grâce à un farinographe. Cet appareil sert en premier lieu à déterminer la capacité d'absorption d'eau par la farine pour obtenir une consistance souhaitée. Mais il permet aussi de mesurer la résistance de la pâte au pétrissage, notamment sa tolérance, c'est-à-dire la durée avant que la résistance ne diminue. Concrètement, la résistance traduit l'effort que le pétrin doit exercer sur la pâte au cours du pétrissage, mesuré grâce à des sondes ultra-sensibles et transposé sur un diagramme, en fonction du temps. Elle s'exprime en Unité Brabender (UB) ou Unité Farinographe (UF). Les paramètres suivants sont mesurés (Cauvain, 2015) :

- le temps de développement, qui correspond à la durée écoulée entre le début du pétrissage et l'atteinte de la consistance (ou résistance) maximale.
- le temps de stabilité, durée pendant laquelle la pâte maintient sa consistance.
- le degré d'affaissement, ou différence de consistance entre l'optimum et 12 minutes plus tard.



pâtons généreront des pains plats. Une bonne tolérance de la pâte offre une certaine souplesse quant à la durée de l'apprêt. Par ailleurs, il est important de maintenir

une bonne humidité ambiante pour éviter les phénomènes de croûtage qui peuvent nuire à la prise de volume et générer des craquelures en surface des pâtons.

Préserver le volume des produits crus surgelés

En cru surgelé, procédé dans lequel la pousse intervient après la surgélation, le passage en froid négatif a tendance à endommager le réseau glutineux et à diminuer le pouvoir fermentaire des levures. Comme pour les procédés de panification directe, des solutions techniques existent pour préserver la prise de volume (*Lesaffre technical Library* 1305. Cru surgelé).

• Scarification (cas des pains à croûte)

La scarification, ou « coup de lame », consiste à lacérer les pâtons juste avant l'enfournement. Elle joue deux rôles essentiels. Le premier est esthétique *via* la formation des grignes. Le second est structural, car ces "cheminées" permettent l'évacuation des gaz pendant les premières minutes de cuisson, et sont donc directement impliquées dans le développement du pâton au four. La manière dont les gaz pourront s'échapper conditionnera également la structure alvéolaire finale du pain. La scarification influe donc de manière fondamentale sur le volume et la structure du pain.

Néanmoins, cette opération intervient au moment où les pâtons sont le plus fragiles, et rompt la perméabilité de la pâte. Une bonne tolérance s'avère ainsi essentielle afin d'éviter l'effondrement des pâtons ou leur manque de reprise au four.

• Cuisson

La cuisson est responsable d'une grande partie du volume du pain par l'expansion des gaz sous l'effet de la température (loi des gaz parfaits : $\Delta PV = \Delta nRT$). Une quantité de chaleur inadéquate est susceptible de compromettre la poussée des pâtons lors de la cuisson : un excès (température trop élevée, excès de fond en raison de fournées trop espacées) peut nuire au développement du produit et provoquer un resserrement de la mie ; à l'inverse, un manque de chaleur (une température de cuisson trop faible, rythme de cuisson trop soutenu avec des fournées successives de pâtes) peut induire des pains plats.

Il est important que la croûte ne se forme pas trop vite pour éviter le déchirement des pâtes. Pour cela, on utilise de la buée

pour les cuissons sans moule. Si elle n'est pas correctement maîtrisée, la buée peut elle aussi s'avérer responsable de défauts de volume : un déficit de buée (parfois lié à un appareil entartré) induira un pain peu développé avec des déchirements, tandis qu'un excès de buée pourra générer un manque de grigne, une croûte molle et fine, ainsi qu'une brillance trop intense (INBP, 2016).

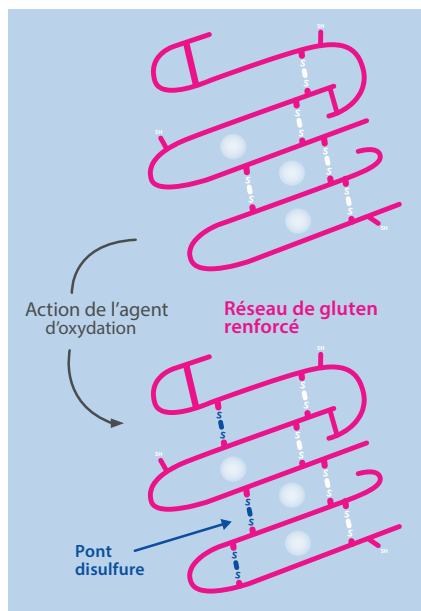
3. Tolérance de la pâte et volume du pain

L'emploi d'ingrédients à propriétés fonctionnelles précisément dosés permet de maximiser la tolérance de la pâte et de garantir le volume et la présentation des produits finis. Ils appartiennent à différentes catégories (ingrédients, additifs, auxiliaires technologiques) et doivent respecter les exigences réglementaires et les souhaits des consommateurs et des boulangers.

3.1. Des oxydants pour stabiliser la pâte

L'intérêt principal des oxydants en boulangerie réside dans leur capacité à renforcer le réseau de gluten en créant des ponts disulfures, liaisons covalentes très solides,

Figure 4. Action des oxydants pour renforcer le réseau de gluten.



entre les chaînes protéiques (Figure 4). L'action oxydative se traduit par une pré-hension plus tenace de la pâte (augmentation de la force). Cette ténacité permet de prévenir l'affaissement de la pâte et de la maintenir stable durant tout le processus de fabrication, entre les étapes de pétrissage et de cuisson.

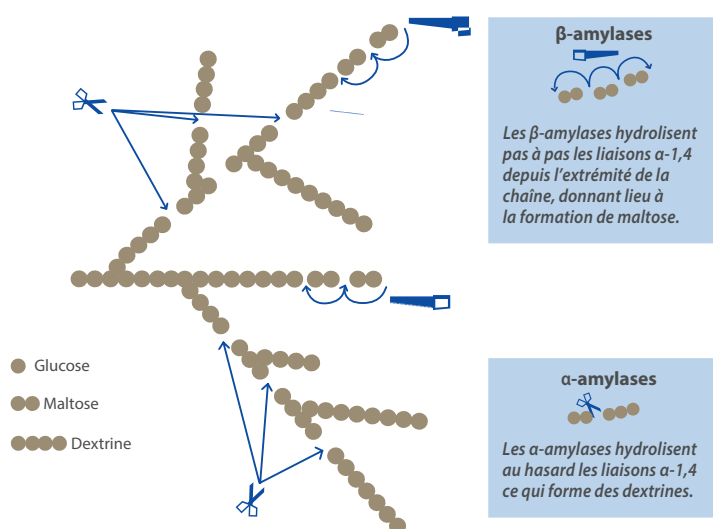
En Europe, le seul oxydant autorisé en panification est l'acide ascorbique. Chimiquement, l'acide ascorbique (additif E300 ou vitamine C) est un réducteur puisqu'il donne des électrons. Dans la pâte, l'acide ascorbique se transforme instantanément en acide déshydro-ascorbique – sous l'effet d'une enzyme naturellement présente dans la farine, la L-ascorbate oxydase – et se comporte donc comme un oxydant. Les doses d'utilisation sont généralement comprises entre 10 et 300 ppm, soit 1 à 30 g pour 100 kg de farine et dépend de la qualité de la farine et des stress imposés par le type de process.

3.2. Des enzymes pour garantir une bonne fermentation

Des sucres simples fermentescibles comme le maltose sont nécessaires à la levure pour produire du CO₂. Leur mise à disposition à partir de l'hydrolyse de l'amidon présent dans la farine repose sur l'action complémentaire des bêta-amylases et des alpha-amylases. Néanmoins, les teneurs en alpha-amylases des farines sont généralement très faibles – en dehors des situations de germination des grains (conditions d'humidité ou de pluie prolongée, etc.). Pour garantir une disponibilité satisfaisante en sucres et compléter l'action des bêta-amylases, des alpha-amylases peuvent donc être ajoutées à la pâte lors du pétrissage. Contrairement aux alpha-amylases, il n'est en général pas nécessaire d'ajouter des bêta-amylases à la pâte, celles-ci étant présentes en quantité suffisante. Néanmoins, le cas échéant, le malt diastatique peut jouer ce rôle et corriger les fluctuations enzymatiques.

Les alpha-amylases proviennent de sources variées : végétale (farine de blé malté), fongique ou bactérienne. En fonction de la source, la thermo-résistance ne sera pas la même : les alpha-amylases bactériennes sont plus résistantes à la température, ce qui leur permet d'être actives plus long-

Figure 5. Découpe des chaînes amylacées par les enzymes.



temps pendant la cuisson au four. Cela implique un dosage plus précis afin d'éviter un excès d'activité susceptible de rendre la pâte, puis la mie, collantes. Les enzymes d'origine fongique et bactérienne font partie des auxiliaires technologiques (au sens du règlement CE n°1332/2008 relatif aux enzymes alimentaires), tandis que celles provenant de blé malté sont considérées comme des ingrédients (Syfab, 2015).

En association avec les amylases, un autre type d'enzyme peut être utilisé : les pullulanases. Elles sont capables d'hydrolyser les liaisons en α-1,6 et ainsi de détacher les branches ramifiées de l'amylopectine, libérant des maltodextrines et démultipliant les actions possibles des bêta-amylases. La fermentation est ainsi facilitée ; la pâte connaît en outre un assouplissement, propice au développement du pâton au four. En cas de surdosage, elles peuvent générer

une pâte voire une mie collante (Syfab, 2015). La figure 5 récapitule les actions complémentaires des différentes enzymes utilisées en panification pour découper les chaînes amylacées.

3.3. D'autres enzymes pour améliorer la machinabilité

Du fait de leur pouvoir de rétention d'eau élevé, les xylanes, et notamment les arabinoxylanes, peuvent limiter la disponibilité de l'eau présente dans la pâte. Les **xylanases** sont des enzymes capables de réduire la quantité d'eau retenue par ces glucides et d'augmenter ainsi sa disponibilité pour les autres composants de la pâte. Leur ajout a d'abord pour effet d'aider au développement du réseau de gluten. La machinabilité de la pâte est améliorée, la rendant plus apte à supporter les opé-

rations de division, boulage, façonnage ou encore de laminage (Pyler et Gorton, 2008). Ce gain de tolérance se traduit après cuisson en un gain de volume des pains. Les xylanases peuvent être d'origine bactérienne ou fongique (OGM ou non). Elles font partie des auxiliaires technologiques.

3.4. Des émulsifiants pour favoriser la rétention gazeuse

Les émulsifiants constituent une famille de molécules amphiphiles, c'est-à-dire présentant un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe (tout comme les lipides polaires de la farine). Les lécithines ont été les premiers émulsifiants utilisés historiquement. Elles ont peu à peu été remplacées par des émulsifiants plus actifs comme le monostéarate de glycérol (E471), les esters diacétyltartriques de mono et diglycérides d'acides gras (ou DATEM, additif E472e) et les stéaroyl lactylates de sodium (SSL, E481) ou de calcium (CSL, E482). Lors de leur ajout dans la pâte, ils permettent la formation de brins de gluten plus minces, avec moins de grains d'amidon incorporés dans le réseau glutineux, conduisant à une augmentation de l'élasticité et de l'extensibilité de la pâte. D'un point de vue fonctionnel, DATEM et SSL conduisent à des pâtes plus sèches, plus tolérantes aux chocs ; surtout, ils améliorent la rétention gazeuse et augmentent le volume des pains, tout en conférant à la mie une texture fine. Enfin, certains émulsifiants possèdent des propriétés particulièrement intéressantes en termes de moelleux (Lesaffre technical Library 1283. Améliorer et maintenir le moelleux des produits de panification) et d'effet anti-cloque.

Conclusion

Maximiser la production du gaz carbonique produit par la fermentation levurienne, assurer sa rétention grâce à un réseau de gluten hautement structuré, tout en veillant à une tolérance élevée de la pâte : tels sont les axes sur lesquels agir pour garantir le bon développement des produits de panification. À travers sa compréhension des phénomènes à l'origine du volume du pain, Lesaffre a acquis une connaissance approfondie des solutions techniques à mettre en œuvre. En pratique, le choix stratégique de levures au profil fermentaire adapté et la formulation d'améliorants

à partir d'ingrédients à propriétés fonctionnelles assurent une disponibilité élevée des sucres nécessaires à la fermentation, garantissent la production gazeuse nécessaire à la poussée, permettent la haute structuration du réseau de gluten et améliorent la machinabilité et la ténacité des pâtes. Ceci tout en apportant de la souplesse dans l'organisation du travail des professionnels et en préservant les autres qualités attendues des consommateurs en termes de moelleux, de saveur, et de croustillant.

Bibliographie



Autio K. Effects of cell wall components on the functionality of wheat gluten. *Biotech Advances*. 2006;24:633–35

Bouquelet S. Protéines alimentaires. Fév 2016. http://biochim-agro.univ-lille1.fr/proteines/co/000_Proteines_web.html

Branlard G, Méléard B, Oury FX, Rhazi L, Boinot N, les membres du Club5 et du CETAC. Compréhension du rapport "Ténacité/ Extensibilité" et du volume du pain. FSOV. 2008.

Calvel R. La boulangerie moderne. 1975. 7^{ème} édition. Editions Eyrolles.

Cauvain S. Technology of Breadmaking. Springer International Publishing Switzerland. 3rd edition. 2015.

INBP. Les nouvelles de la boulangerie-pâtisserie n°105, Juin 2016.

Inra. La panification française. Coll. Sciences et techniques agroalimentaires. Coordonnateurs : Guinet R, Godon B. Directeur de Collection : MULTON Jean-Louis. 1994.

Le Blanc A. Le pétrissage. ENSMIC –Alimentation humaine. Condensé de cours. 2007. http://lamainalapate.asso-web.com/uploaded/Cours1_P%C3%A9trissage.pdf

Massaux C, Bodson B, Lenartz J, Sindic M, Sinnaeve G., Dardenne P, Falisse A, Deroanne C. L'amidon natif du grain de blé : un composé naturel à valoriser par la connaissance de ses propriétés techno-fonctionnelles ? Le livre blanc Céréales FUSA et CRA-W Gembloux. Février 2006.

Pérez S, Baldwin PM, Gallant DJ. Chapter 5 - Structural Features of Starch Granules I, In Food Science and Technology, Academic Press, San Diego, 2009, Pages 149-192, Starch (Third Edition), ISBN 9780127462752.

Pyler EJ et Gorton LA. Baking Science & Technology, 4th edition, Volume 1: Fundamentals and Ingredients. 2008

Selmair PL et Koehler P. (2010). Role of glycolipids in breadmaking. *Lipid Technology*, 22: 7–10.

Stulmer P. Principles of Breadmaking: Functionality of Raw Materials and Process Steps. 2005

Syndicat national des Fabricants de Produits intermédiaires pour boulangerie, pâtisserie et biscuiterie. Les enzymes. 2015. <http://www.syfab.fr/ActiviteDetails.aspx?act=115&lid=5&rid=267>

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

1295



Les pré-fermentations à la levure

1281



La levure à pouvoir réducteur

1278



Réduction du sel en panification

1303



Propriétés boulangères des farines de blé

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 