



Caractéristiques de production et de sécurité sanitaire du pain - Une revue

Théodoric K. Bossou

Laboratoire de Bioingénierie des Procédés Alimentaires (LABIOPA), Ecole de Nutrition et Sciences et Technologie Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p1)

Submitted: 03 October 2021
Accepted: 24 January 2022
Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Bossou T.K.,(2022). Caracteristiques De Production Et De Securite Sanitaire Du Pain - Une Revue European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 129.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p129>

Résumé

Le pain est un élément essentiel dans l'alimentation des hommes depuis des milliers d'années, et certainement plus ; de nos jours ; où les aliments transportables, prêts à consommer, sont omniprésents dans nos habitudes alimentaires. Il est fait essentiellement de farine de blé, de sel, de sucre, d'arômes et d'autres intrants optionnels comme les améliorants. Certains commerçants véreux utiliseraient des produits peu recommandables à la consommation pour accroître leur gain. Le bromate de potassium est souvent cité parmi ces améliorants indésirables. La présente étude avait pour objectif principal de comprendre le processus de production des pains à base de farine de blé, notamment les risques les avantages qu'ils comportent et à quel niveau. C'est une étude qualitative descriptive basée sur l'exploitation de documents existant sur le pain, et qui a abouti au fait que ce produit alimentaire de base a traversé les époques sans jamais vraiment changer de recette : farine, eau, sel et levure. La matière première de base, la farine de blé, importée par de nombreux pays comme le Bénin ; se distingue par son niveau de polissage, et donc sa teneur en cendres. Ces farines de blé sont riches en matières minérales mais pauvres en matières organiques. Le pain est le résultat de la cuisson de la pâte pétrie et fermentée Le processus de panification est structuré en une succession d'opérations unitaires que sont le pétrissage, le pointage, le pétrissage, le formage, l'apprêt, entrecoupées de phases "passives" que sont la fermentation et enfin la cuisson. La cuisson consiste à fixer la structure de la

pâte, préalablement établie au cours du pétrissage et la fermentation, par son exposition à une haute température (généralement 250°C). Au cours de l'étape de la cuisson, une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques se produisent simultanément aboutissant au pain. Mais, les procédés de fabrication peuvent engendrer des défauts touchant l'aspect extérieur, le volume, l'aspect de la mie, l'odeur et la saveur. Par rapport à la qualité sanitaire, l'étude a montré que le pain peut contenir des micro-organismes divers et des substances chimiques qui le rendraient nocif au consommateur. Les circuits de transport et de manipulation qui caractérisent la chaîne de vente sont moins rassurants. En somme, le choix du pain devient de plus en plus difficile en raison des craintes de risques sanitaires pour les consommateurs que suscitent les pratiques de malfaçon dans les boulangeries et la qualité de la chaîne de distribution et ce, malgré les réglementations qui régissent le secteur.

Mots clés : Panification, Mie, Falsification, Altération

Bread Production and Health Safety Characteristics - A Review

Théodoric K. Bossou

Laboratoire de Bioingénierie des Procédés Alimentaires (LABIOPA), Ecole de Nutrition et Sciences et Technologie Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

Abstract

Bread has been an essential component of the human diet for thousands of years, and even more; nowadays as transportable and ready-to-eat foods are ubiquitous in our consumption habits.

It is made of wheat flour, salt, sugar, flavorings, and other optional inputs like improvers. Some crooked traders would use unsavory consumer products to increase their gain. Potassium bromate is often cited among these undesirable improvers. The main objective of this study is to understand the bread production process made from wheat flour, including the risks and benefits they entail and at what level. It is a qualitative study based on the use of existing documents related to bread, which led to the fact that this basic food product has gone through the ages without really changing its recipe: flour, water, salt, and yeast. The basic ingredient, wheat flour, imported by many countries such as Benin, is distinguished by its level of polishing, and therefore its ash content. These wheat flours are rich in minerals but low in organic matter. Bread is the result of cooking kneaded and fermented dough.

The bread-making process is structured in a succession of steps that are kneading, pointing, kneading, moulding, proofing, interspersed with "passive" phases that are fermentation and finally baking. Baking consists of fixing the structure of the dough, previously prepared during kneading and fermentation, by exposing it to a high temperature (generally 250°C). During baking, a series of physical, chemical, and biochemical transformations occur simultaneously resulting in bread. But, the manufacturing processes can cause defects affecting the appearance, the volume, the crumb, the smell, and the flavor. Regarding sanitary quality, the study showed that bread may contain various microorganisms and chemical substances that would make it harmful to the consumer. The transport and handling circuits that characterize the sales chain are less reassuring. Overall, the choice of bread is becoming more and more difficult due to fears of health risks for consumers caused by poor practices in bakeries and the quality of the distribution chain, despite the regulations governing the sector.

Keywords: Breadmaking, Crumb, Falsification, Alteration

Introduction

L'utilisation des céréales par l'homme remonte à la plus haute antiquité. Ainsi, les céréales telles que le sorgho, le mil, le blé, le maïs et le riz sont des aliments de base pour la majorité de la population en Afrique. Les régimes alimentaires des peuples africains sont essentiellement basés sur des ressources d'origine végétale, notamment les céréales et les tubercules (Bokossa *et al.*, 2013). Ces céréales sont cultivées sur une surface de 98,6 millions d'hectares et produisent 162 millions de tonnes par an (Macauley & Ramadjita, 2015).

Selon plusieurs auteurs, les céréales subissent le plus souvent des transformations artisanales ou semi-industrielles avant d'être consommées (Bokossa *et al.*, 2013 ; Hounhouigan, 1994) ou pour servir d'ingrédients pouvant conduire à la préparation de certains autres produits alimentaires. Ces produits céréaliers, en particulier le pain, sont une source majeure de nourriture pour la race humaine depuis le début de la civilisation (Fardet *et al.*, 2006). Sur le continent africain, le niveau de vie évolue et le développement d'une nouvelle classe moyenne modifie considérablement les habitudes de consommation de la population (Adou *et al.*, 2013). Ces changements de la société influent sur le mode de vie des africains et les habitudes alimentaires de plus en plus orientées vers l'alimentation de rue ou des produits prêts à la consommation tel que le pain.

Ainsi, l'objectif de cette étude est de (i) comprendre les modes de fabrication du pain, (ii) d'en présenter la composition, et de (iii) présenter les

facteurs qui influent sur les caractéristiques et la qualité sanitaire de ce produit de consommation populaire.

La consommation du pain à base de la farine de blé au Bénin n'est pas documentée à notre connaissance. Et pourtant, tout comme dans beaucoup d'autres pays africains, le pain sous toutes ses formes, occupe une place essentielle dans l'alimentation des Béninois.

Au terme de la présente étude, les résultats nous donnent des informations variées et diverses, dont certaines font l'objet de grands risques sanitaires pour les consommateurs du pain. L'on distingue aux abords des voies des villes et agglomérations béninoises des pains dits « baguette », « batard » et « sucrés ». Dans les supers marchés, pâtisseries et restaurants, l'on peut voir des pains dits « spéciaux » parmi lesquels les pains viennois, les pains complets, les pains de seigle, les pains noirs et les pains enrichis au chocolat, au raisin ou autres ingrédients.

La fabrication du pain varie considérablement dans le monde entier, de même que les techniques de production. Les ingrédients de base sont la farine de céréales, l'eau, la levure ou un autre agent de levage et le sel (Martin, 2004 ; Sluimer, 2005 ; Sahu *et al.*, 2016). Présentant habituellement une croûte brunâtre, croquante et attrayante, le pain peut parfois avoir des défauts qui touchent surtout les propriétés organoleptiques qui constituent un véritable handicap pour le boulanger. Ces problèmes de non-qualité touchent notamment l'aspect extérieur du pain, son développement, son volume, l'aspect de la mie, l'odeur et la saveur du pain (Sahu *et al.*, 2016). De diverses origines, ces défauts sont liés non seulement à la qualité des ingrédients utilisés lors de la panification mais aussi aux paramètres technologiques au cours de la production du pain (Forsythe & Hayes, 1998). Il est nécessaire, en se référant aux caractéristiques de qualité des produits alimentaires, de considérer leur sécurité sanitaire comme une condition préalable (Emeje *et al.*, 2010). Dans ce cadre, il existe actuellement un système de sécurité sanitaire des aliments (HACCP) initié dans le cadre des projets « Apollo » et appliqué par de nombreuses institutions et agences de réglementation pour s'assurer que toutes les étapes d'un processus de fabrication de denrées alimentaires préservent des dangers potentiels pour la santé des consommateurs (Forsythe, & Hayes, 1998). Ce système HACCP est utilisé pour contrôler et maîtriser l'apparition dans un processus de fabrication de denrées alimentaires de dangers physiques, chimiques ou biologiques (Khandke *et al.*, 1998). Il implique une étude systématique de la matière première, des ingrédients, des conditions de fabrication, de la manutention, du stockage, de l'emballage et de la distribution des produits finis de même que son utilisation finale (Sahu *et al.*, 2016). Par ailleurs, les consommateurs s'attendent généralement à des produits présentant une qualité et des caractéristiques sensorielles satisfaisantes. Cependant ; les aspects de qualité sanitaire sont beaucoup moins

pris en compte (Bossou *et al.*, 2021). De plus, les ingrédients utilisés et la technologie de production du pain ne garantissent pas toujours une maîtrise des sources de risques et une minimisation de leurs impacts sur la qualité sanitaire du produit final le pain.

Ainsi, l'objectif de cette étude qualitative est (i) de comprendre les modes de fabrication du pain, (ii) d'en présenter la composition ; (iii) de présenter les facteurs qui influent sur les caractéristiques et la qualité sanitaire de ce produit de consommation populaire.

Methodologie

Les articles retenus ont été sélectionnés à partir des bases de données Cairn info (<https://www.cairn.info/>) et Google Scholar (<https://scholar.google.com/>), sans limite sur la période 2016 à 2021, en utilisant les mots clés comme « pain à base du blé » ; « préparation du pain » ; « qualité du pain » ou « risques liés au pain ». Des rapports de projets, des magazines et des textes réglementaires ont été également consultés. Les articles les plus récents reliés aux items de recherche ont été explorés. Puis la décision de retenir l'article en question a été basée sur la qualité de la méthodologie, la pertinence de la problématique et la description des biais potentiels. Au total, une soixantaine d'articles décrivant des études effectuées dans divers pays de 1974 à 2021 ont été sélectionnés.

1. Matières Premières Et Ingrédients De Fabrication Du Pain

Au Bénin, la farine de blé, principale matière première du pain et importée de plusieurs pays, est associée à de l'eau, du sel et de la levure pour obtenir du pain dans les boulangeries.

Selon Feillet (2000), les matières premières et ingrédients essentiels utilisés pour fabriquer le pain sont la farine de blé, les agents de fermentation (levure), l'eau, le sel et éventuellement divers autres additifs et auxiliaires de fabrication comme les matières grasses.

1.1. La farine

La farine est la principale matière première dans la fabrication du pain, car elle module les caractéristiques spécifiques des produits de boulangerie (Feillet, 2000). Parmi les farines de céréales, celle du blé est unique dans sa capacité à former de la pâte panifiable lorsqu'elle est mélangée à de l'eau, car les pâtes de blé ont la capacité unique de conserver le gaz produit lors de la fermentation (Hutkins, 2006). La composition spécifique de la farine est très importante à cause de son influence majeure sur la fermentation aussi bien que sur la structure physique de la pâte et du pain final (Hutkins, 2006). Historiquement, l'obtention de la farine de blé débute par un nettoyage du grain qui est ensuite tamisé et stocké dans des silos à grains (Sajot, 2008). Les grains sont pilés, ce

qui les fait éclater. Le son est mis de côté et le reste est moulu à l'aide d'une auge à deux compartiments et d'une grosse pierre ; les grains sont disposés dans le compartiment supérieur, et, par frottement de la pierre sur les grains, on obtient une farine qui s'écoule dans le compartiment inférieur. Pour obtenir une farine plus fine, on fait préalablement sécher les grains au soleil ou on les torréfie avant de les moudre (Sajot, 2008). Le grain de blé se compose de protéines, d'amidon et d'autres glucides, des cendres, des fibres, des lipides, de l'eau et de petites quantités de vitamines, de minéraux et d'enzymes (Hutkins, 2006). Le tableau 1 présente la composition chimique du blé, des farines et des produits de mouture du blé.

GLUCIDES									
Constit uants	% du grain	Teneur en eau	Matière s minéral es	Protid es	Lipid es	Assimilables par la levure		Non assimila bles	Vitami nes
			-			Sucres pré- existants	Amidon endomm agé	Cellulose + Pentosan e	
Blé entier	100	12-16	1,5-2	10-15	2-2,5	,2-3	60-70	2,5+6	B1, B2, PP, E, C
Germe	0,3- 0,5	14-15	5-6	30	8	-	20	4+10	B1, B2, PP, E, C
Gros sons	8	-	6	16-18	2,5	-	15	12+35	B1, B2, PP
Sons fins	10	-	5	17-19	3,5	-	20	10+32	B1, B2, PP
Remoul ages	4	-	4	15-20	4	-	25	6+25	B1, B2, PP
Farine basse	3	13-15	2	13-18	3	-	55	1+8	B1, B2, PP
Farine T.55	75	<16	0,55	9,0-14 10,5- 17,5	1,5-2	1,5-2	55-65 +10-15	0+3 0+(1 à 2)	B1, B2, PP, E

Tableau 1 : Composition chimique du blé, des farines et des produits de mouture du blé
Sources : Guinet (1992) ; Hutkins, (2006)

1.1.1. Les différents types de farines de blé ou leur répartition en fonction de la teneur en cendres

En France, d'après le décret N°63-720 du 13 juillet 1963, le taux de cendres définit les types commerciaux des farines. Les farines de blé contiennent des matières minérales provenant de leur son (l'enveloppe du grain). Lorsque de la farine de blé est incinérée à 900°C, tout est détruit sauf

les résidus minéraux sous forme de cendres. Plus le taux de cendres est élevé, moins la farine sera blanche et plus le numéro du type de farine sera élevé. Les farines ayant un taux de cendres élevé sont donc moins blanches en raison de richesse en sons et inversement (Buche, 2011).

Il existe six types de farines de blé (Godon, 1991) issues du blé le moins poli au blé le plus poli ; avec pour différences fondamentales, la couleur de la farine et sa teneur en cendres. La farine de type 45 est la plus pure, la plus blanche et elle est issue de blé densément poli avec une grande perte d'éléments nutritifs et à l'inverse la farine de type 150 dite complète ou intégrale, de couleur brune ; provient du blé non poli et contient toutes les parties du grain de blé avec ses minéraux et vitamines (B et E essentiellement).

La qualité de farine de blé la plus commercialisée est de type 55 et correspond à un taux de cendres compris entre 0,5 et 0,6 %, soit un résidu minéral compris entre 0,5 et 0,6 g après incinération de 100 g de farine humide (Tableau 2).

Tableau 2 : Différents types de farines de blé en fonction du taux de cendres

Type de farines	Dénomination	Taux de cendres de la farine de matières sèches) (%)
Farines blanches	Type 45	< 0,5%
	Type 55	0,5 à 0,60%
	Type 65	0,62 à 0,75%
Farine brise	Type 80	0,75 à 0,90%
	Type 110	1 à 1,20%
Farines complètes	Type 150	> 1,40%

Source : (Godon, 1991)

Dans leur utilisation, (i) la farine de blé de type 45 sert dans la pâtisserie ; (ii) la farine de blé de type 55 est de la farine blanche ordinaire destinée aux pains blancs, aux pâtes à tarte et aux pizzas ; (iii) la farine de blé de type 65 est utilisée pour des pains spéciaux et quelques pizzas ; (iv) le type 80 est de la farine bise ou semi-complète utilisée pour les pains spéciaux ; (v) le type 110 est de la farine complète utilisée pour des pains bis et des pains complets et enfin (vi) la farine de type 150 dite intégrale est utilisée pour du pain au son.

1.1.2. Les glucides dans la farine de blé

Les glucides représentent 80% des constituants de la farine, certains sont sous forme d'oligosides (1%) ; les autres sont des polyosides dont l'amidon (95% des glucides totaux), les arabinosylanes et les arabinogalactanes (2,5% des glucides totaux) (Atwell & al, 2016)

□ L'amidon

L'amidon est un composé présent dans la farine sous forme de granules plus ou moins endommagés (Buche, 2011), de formes sphériques ou lenticulaires de 2 à 25 µm et contenant deux types de polysides que sont l'amylose (26-28%) et l'amylopectine (72-74%). A température ordinaire et mis en suspension dans l'eau, l'amidon natif, insoluble, peut fixer 40 % de son poids en eau. Si on élève la température, cette quantité d'eau fixée augmente. Lorsque la température dépasse 55-65 °C, l'amidon gélatinise (état désorganisé) et forme un empois. Cela ne se traduit pas une augmentation de la viscosité du milieu.

□ **Les amidons endommagés**

Ce sont des granules d'amidon qui ont perdu leur intégrité au cours de la mouture. Ils sont sensibles à l'action de la β -amylase et peuvent absorber 2 à 4 fois leur poids en eau (Bock, 2000). L'endommagement des granules d'amidon présente un intérêt grandissant pour le secteur de la boulangerie et de la meunerie (Christiane & al, 1974). Le meunier joue sur le conditionnement du grain avant mouture et sur le nombre et le serrage des cylindres mis en œuvre (plus le rapport de vitesse entre les cylindres est élevé, plus l'endommagement de l'amidon est important), les variétés de blés étant elles-mêmes plus ou moins friables (Blé « soft » ou « hard ») ; (Christiane & al, 1974). Pour cette raison, des procédés de broyage par attrition ont été développés dans le but d'augmenter la quantité d'amidon endommagé. Par ailleurs, le gain d'hydratation provenant de la présence de granules d'amidon endommagés diminue la température de transition vitreuse de l'amidon (Feillet, 2000). En plus des deux polysides contenus dans l'amidon, il existe les pentosanes qui sont présents dans les parois cellulaires des différents tissus du grain de blé. Ils représentent 1 à 3 % de l'extrait sec de la farine (Bock, 2000).

1.1.3. Les protéines (gluten) dans la farine de blé

Les protéines sont inégalement réparties entre les différentes couches histologiques du grain, la teneur en protéines de l'albumen étant inférieure d'environ d'un point à celle du grain. Cette teneur en protéines dépend de la variété et des conditions de développement du grain (climat, alimentation en eau et en fertilisation azotée). Les protéines sont classées en quatre grands groupes suivant leur solubilité (Don *et al.*, 2003a). De manière générale, on considère que les protéines insolubles dans l'eau présentent certaines caractéristiques technologiques essentiellement liées à leur hydrophobicité (Feillet, 2000). Ces protéines insolubles ont une faible teneur en acides aminés ionisables et sont riches en acides aminés hydroxylés et en glutamine, facilitant la formation de liaisons hydrogène à l'origine des propriétés

d'adhésion et de cohésion du gluten (Levavasseur, 2007). Ces protéines sont également riches en acides aminés apolaires permettant l'agrégation aux lipides et glycolipides par l'intermédiaire d'interactions hydrophobes. Enfin, elles sont capables de former des ponts disulfures intermoléculaires entraînant l'association de gluténines de haut poids moléculaire pour former un macropolymère de gluténine (Don *et al.*, 2003a ; Don *et al.*, 2003b ; Don *et al.*, 2005).

Les propriétés viscoélastiques particulières de la pâte de blé sont le résultat de la présence du réseau tridimensionnel de protéines de gluten, qui est formé par des réactions d'échange de thiol-disulfure parmi les protéines de gluten (Fardet *et al.*, 2006). Dans de nombreux cas, les farines provenant de variétés dures, avec une teneur en protéines de 12 à 14 %, sont recommandées pour la panification (Lopez *et al.*, 2004), bien que la cuisson classique soit effectuée avec des farines contenant 11 % de protéines (Christian & *al.*, 2015). Les recommandations européennes suggèrent des farines avec 12,5 % de protéines contenant 30 % de gluten (Leenhardt *et al.*, 2005) et en cas de besoin, du gluten vital peut être utilisé pour améliorer cette teneur en protéines (Sahu *et al.*, 2016 ; Wang & *al.*, 2003).

1.1.4. Les lipides dans la farine de blé

Les principales matières grasses du blé sont des acides gras, des glycérides, des glycolipides et des phospholipides. Elles sont inégalement réparties dans le grain ; le germe et la couche à aleurone en sont particulièrement riches. De ce fait, la composition en lipides de la farine dépend des conditions de mouture et de son taux d'extraction (Bram & *al.*, 2011). Les lipides de la farine exercent un rôle important sur le volume du pain (interactions lipides-protéines). Selon plusieurs auteurs (Buche, 2011 ; Don *et al.*, 2005), les lipides sont importants aussi bien dans la conservation de la farine que lors de la structuration de la pâte. Ce sont des composés minoritaires de la farine (de 1,5 à 2 % par rapport à la masse de matière sèche) répartis en deux catégories, ceux extractibles à l'éther de pétrole, et ceux qui ne le sont pas (Bock, 2000).

1.1.5. Les matières minérales dans la farine de blé

Les matières minérales sont en très grande quantité dans les sons (Bouhadi & *al.*, 2020). Par opposition à la matière organique, les éléments minéraux ne sont pas combustibles (Buche, 2011). La détermination de la teneur en matières minérales, par combustion de la farine, permet de préjuger de la pureté de la farine et de définir, de manière réglementaire, différents types de farines (Bouhadi & *al.*, 2020).

1.1.6. Les vitamines et oligoéléments dans la farine de blé

Les vitamines et oligoéléments présents essentiellement dans les couches périphériques du grain et dans le germe sont des substances nutritionnelles (Don *et al.*, 2005). Les vitamines sont fragiles à la chaleur et donc en partie détruites pendant la fabrication du pain (Bock, 2000).

1.2. Les agents de fermentation

1.2.1. La levure

La levure de boulangerie est un champignon microscopique unicellulaire, qui a la particularité de vivre selon deux modes de respiration de pouvoir : en présence ou en absence d'air pour produire de l'eau, du dioxyde de carbone et de l'énergie ; ou en absence d'air pour produire de l'alcool éthylique, de dioxyde de carbone et de l'énergie par fermentation (Delphine S. & *al.*, 2016). Elle se nourrit de glucose (principalement) et de fructose.

Cette levure métabolise les sucres cibles fermentés (glucose, fructose, saccharose et maltose) dans des conditions anaérobies, produisant du dioxyde de carbone en tant que produit de rebut, lequel agit comme agent de levage et améliore le volume de la pâte. Les savoir-faire des levuriers interviennent donc pour une grande part dans la qualité et le goût du pain (Hutkins, 2006). La levure soutient également le réseau de gluten et la production de composés aromatiques (Buche, 2011). D'autres groupes de levure peuvent être employés pour des applications boulangères très spécialisées (*Saccharomyces rosei* et *Saccharomyces rouxii* pour les pâtes très sucrées par exemple), (Delphine S. & *al.*, 2016).

1.2.2. Le levain

Un levain est une pâte composée de farine de blé ou/et de seigle, d'eau, soumise à une fermentation naturelle acidifiante qui se fait à partir des levures sauvages et de bactéries. C'est un agent naturel dont l'activité fermentescible (lactique) est significative pour assurer le développement et la levée du pain (Dellaye & *al.*, 1994).

Le levain avec sa fermentation lactique est plus recommandé dans la panification des farines complète, riches en oligoéléments issus du son (Richard, 2005).

1.2.3. La poolish

La poolish est une pâte préfermentée particulière préparée sur 3 à 12 heures avant la panification et se compose d'eau et de farine (en quantités égales) et de levure (Richard R., (2005). Au cours de cette préfermentation, les arômes de la farine se développent, ce qui donnera un superbe goût au pain ! Avec cette méthode, on utilise moins de levure sur le pain puisqu'il y a eu une pré-fermentation (Buche, 2011).

1.2.4. La levure chimique

Les poudres à lever encore appelées levures chimiques sont interdites en panification (Dellaye & *al.*, 1994). Constituées essentiellement de bicarbonate de soude et acide tartrique, elles provoquent, en présence d'eau un dégagement de gaz carbonique servant à faire gonfler les pâtes en pâtisserie. La levure chimique fait seulement intervenir des réactions chimiques de type acide-base. Elles donnent des galettes insipides, peu levées et indigestes (Richard, 2005).

Tant que la poudre reste sèche, la réaction ne démarre pas. Lorsqu'elle est humidifiée, l'acide réagit avec le bicarbonate de sodium et un dégagement de gaz carbonique se produit, ce qui fait gonfler la pâte : il n'y a pas de fermentation proprement dite (Barbigant *et al.*, 1997). Il faut alors la cuire sans tarder.

1.3. L'eau

L'eau est nécessaire à la préparation de la pâte (environ 30 g à 40 g d'eau pour 100 g de farine) et est responsable de sa fluidité (Hutkins, 2006). En panification, l'eau provoque le gonflement des grains d'amidon et l'assouplissement du gluten. Elle est nécessaire à l'activité des levures (autrement dit au développement de la fermentation panaire), (Chancelle B. N., 2015). Elle est utilisée pour la dissolution du sel et des sucres et aide à la dispersion des cellules de levure. L'eau est nécessaire pour l'hydrolyse de l'amidon et du saccharose. Elle est importante pour la gélatinisation d'amidon lors de la cuisson. L'eau ajoutée à la farine active les enzymes, entraîne la formation de nouveaux liens entre les macromolécules dans la farine et modifie les propriétés rhéologiques de la pâte (Cauvain & Young, 2007).

La quantité d'eau ajoutée est liée à la teneur en humidité et aux propriétés physico-chimiques de la farine (Cauvain & Young, 2007 ; Gil *et al.*, 1997 ; Hutkins, 2006). L'effet positif de l'hydratation des pâtes est l'amélioration du moelleux de la mie de pain et une meilleure aptitude à la conservation. On constate de plus, un alvéolage plus irrégulier. Mais les pâtes molles (très hydratées) sont plus difficiles à travailler (collant, fragilité et moins bonne plasticité). La qualité de l'eau peut aussi avoir une influence sur le comportement des pâtes, notamment sur l'activité fermentative et la prise de force.

Dans la réglementation française de la prévention des risques et de la protection de l'environnement, le décret N°89-3 du 03 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine (à l'exclusion des eaux minérales naturelles) prescrit que l'eau destinée à la consommation humaine doit être exempte d'organismes parasites ou pathogènes, ne doit avoir ni coloration, ni turbidité, ni pouvoir colmatant dépassant des normes fixées ; sa minéralisation totale ne doit pas excéder 2g/L ; elle ne doit pas présenter des concentrations en substances toxiques supérieures à celles fixées par l'OMS.

Une eau trop douce pénalise la ténacité tandis qu'une eau trop dure pénalise l'extensibilité, ce qui, au niveau du goût du pain, peut se révéler indirectement négatif (François J., 2010). La température à laquelle l'eau est utilisée intervient également. Elle est déterminée en fonction de la température du local et de celle de la farine de sorte que la pâte atteigne environ 25°C (Toffalori, 1993). Si l'eau est trop froide, la pâte manquera de force, la fermentation sera ralentie et le pain sera peu levé. Par contre, si l'eau est trop chaude, la pâte aura trop de force et la croûte du pain sera terreuse et terne (Chancelle B. N., 2015)

1.4. Le sel

Depuis la fin du XVII^e siècle, le sel est d'usage courant et fait partie intégrante de la pâte destinée à la panification (Brabant C., 2007). Le sel est un inhibiteur des activités enzymatiques ; incorporé en début de pétrissage, il ralentit l'activité des oxydases. Le sel employé est du chlorure de sodium (NaCl), dont le taux normal d'addition est de 2 g pour 100g de farine (Hutkins, 2006). Par ailleurs, lorsque le sucre est inclus, et spécifiquement avec une dose élevée, la concentration du sel peut être réduite à 1 % (Cauvain & Young, 2007). Le sel est donc considéré comme un ingrédient avec un rôle fonctionnel dans la production des pains.

1.5. Le sucre

En panification, les effets du sucre interviennent à plusieurs niveaux : au pétrissage où il agit sur les qualités plastiques de la pâte, à la fermentation où il joue un rôle déterminant sur l'activité de la levure, et enfin, à la cuisson où il intervient sur la coloration, la tenue et le volume des pains (Zhou *et al.*, 2002).

Les sucres sont normalement utilisés par la levure pendant les premiers stades de la fermentation. Plus tard, plus de sucres sont libérés pour la production de gaz par l'action des enzymes dans la pâte. Dans certains cas, du sucre supplémentaire peut être ajouté pour augmenter la production de gaz, améliorer la couleur de la croûte et adoucir le pain. Les sucres agissent également comme antiplastifiants retardant le collage de l'amidon natif ou fonctionnent comme des ingrédients anti-rassissement inhibant la recristallisation de l'amidon (Zhou *et al.*, 2002).

1.6. La matière grasse

Les lipides peuvent être utilisés dans la fabrication du pain sous forme de graisses ou d'huiles et sont généralement appelés des raccourcissants (Bram *et al.*, 2011).

Les lipides endogènes et les graisses ajoutées jouent un rôle important lors de la panification et de l'étalement du pain (Collar *et al.*, 1998). Ils sont un ingrédient facultatif du pain mais peuvent améliorer la manipulation de la pâte et l'aspect de la mie et contribuer à la saveur du produit (Stauffer, 1996).

2. Les Etapes De Production Et Leur Role Dans La Fabrication Du Pain

Le pain est le résultat de la cuisson d'une pâte pétrie et fermentée (Fetouhi, 2014). Le processus de panification est structuré en une succession d'opérations unitaires. La fabrication se résume en ces étapes "actives" dont le pétrissage (mise en forme) entrecoupées de phases "passives" que sont la fermentation, la cuisson et le ressuage (Fetouhi, 2014 ; Touyarou, 2011).

2.1. Le Pétrissage

C'est l'étape la plus importante du processus de fabrication de pain. Elle est considérée comme l'étape clé permettant la fabrication d'une pâte lisse, homogène, tenace et viscoélastique (Millar, 2006). Durant cette étape, la pâte est soumise à des forces intenses d'extension, de compressions et de cisaillement (Feillet, 2000). La pâte va subir à la fois une déformation rotationnelle et élongationnelle ainsi qu'une rupture (Jongen *et al.*, 2003 ; Fetouhi, 2014). La bonne conduite de cette première étape conditionne en effet la qualité du produit fini. La pâte est produite lorsque tous les ingrédients de la formule, introduits dans une séquence souhaitable, sont mélangés ensemble pendant une certaine durée pour obtenir une masse. Les principaux objectifs du pétrissage peuvent être regroupés en trois catégories (Autio & Laurikainen, 1997) :

- L'homogénéisation qui permet la distribution uniforme et le contact intime des différents ingrédients de la pâte notamment les particules de la farine et l'eau.
- Le développement mécanique d'un réseau du gluten homogène au sein duquel les granules de l'amidon sont dispersés (Don *et al.*, 2005, Mehta *et al.*, 2009).
- L'aération de la pâte par l'incorporation de l'air sous forme de micronucléosphériques. La présence de ces microbulles d'air permet la diffusion du gaz carbonique produit par les levures au cours de la fermentation, favorisant ainsi la bonne structuration alvéolaire de la mie du pain (Mehta *et al.*, 2009, Pareyt *et al.*, 2011).

Lorsque la pâte est mélangée à une quantité d'eau insuffisante, les protéines de gluten deviennent stressées, peu de liaisons disulfures sont brisées pour former des radicaux thyle et les protéines de gluten sont partiellement dépolymérisées ; ce qui entraîne une plus grande solubilité et une diminution de l'extractibilité des lipides (Demiralp *et al.*, 2000 ; Touyarou, 2011).

2.2. Le pointage

Le pointage est le fait de laisser la pâte encore en masse quelques minutes en vue d'une 1^{ère} fermentation. Le temps de pointage peut durer de

quelques minutes à une heure et demie (Touyarou, 2011). Il est plus long lorsque la pâte est douce (très hydratée), en l'absence d'additif, en présence de quantités de levures réduites ou de temps de pétrissage raccourci. Le temps de pointage est donc en relation directe avec la méthode de pétrissage choisie et sert à pallier le manque (dans le pétrissage traditionnel) ou l'excès (dans le pétrissage intensifié) de force de la pâte (Macauley & Ramadjita, 2015).

Les effets de la fermentation panair ne se résument pas à un simple gonflement de la pâte. En effet, au cours du pointage, trois phénomènes importants se produisent simultanément :

- Les propriétés rhéologiques de la pâte se modifient. Les caractéristiques mécaniques de la pâte sont donc largement dépendantes de cette étape (Masylattard, 1989 ; Toffalori, 1993).
- Quelques minutes après la fin du pétrissage, tout l'oxygène de l'air emmagasiné est consommé et le métabolisme fermentaire prend le relais (Zhou *et al.*, 2002). La pâte commence à lever (à pousser).
- De nombreux composés volatils, précurseurs d'arômes responsables de la flaveur du pain, apparaissent. L'arôme caractéristique des pains fermentés au levain est dû principalement à la production d'acides lactique et acétique par les bactéries lactiques et à leur activité protéolytique (Guinet, 1994 ; Fetouhi, 2014).

2.3. Le Formage

Le formage est la division de la pâte massive en pâtons de poids égal. Il interrompt la première fermentation. Cette étape est nécessaire pour assurer un poids de pain uniforme pour la vente. Mais, l'opération mécanique, assez brutale et rapide, entraîne une perte de souplesse de la pâte voire une dégradation de la structure formée au cours des étapes précédentes. C'est pourquoi, le divisage est presque toujours suivi d'un boulage, qui permet de reconstituer cette structure (Luc & al, 2012).

2.4. L'apprêt

C'est la deuxième période de fermentation qui débute dès que le pâton est façonné et se termine à la mise au four.

Durant l'apprêt, les pains sont maintenus dans une étuve sans subir aucun traitement mécanique. On optimise la fermentation en maintenant une température constante de 24 à 25 °C, ce qui garantit une humidité ambiante élevée des pâtons. En effet, durant cette phase, il est nécessaire d'éviter le dessèchement en surface des pâtons (croûtage), car celui-ci gêne leur bon développement (Macauley & Ramadjita, 2015).

C'est la dernière phase de repos pendant laquelle les pains se développent pour atteindre un volume jugé optimal : environ trois fois leur volume initial au formage. A ce stade, les levures jouent pleinement leur rôle d'agent de levée par métabolisme des sucres libérés par l'amidon et les

amylases. La levure fonctionne alors selon le mode fermentaire et génère ainsi du gaz carbonique et de l'alcool (Sajot, 2008).

2.5. La Cuisson

La cuisson consiste à fixer la structure de la pâte, préalablement établie au cours du pétrissage et la fermentation, par son exposition à une haute température (généralement 250 °C) (Fetouhi, 2014 ; Touyarou, 2011). Au cours de l'étape de la cuisson, une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques se produisent simultanément aboutissant au pain (Sablani *et al.*, 2002).

En effet, les principales transformations sont l'expansion de volume du produit, la perte d'eau par évaporation, la formation d'une structure alvéolaire plus ou moins développée, la dénaturation des protéines (diminution de solubilité due à l'agrégation des protéines par le renforcement des interactions avec l'augmentation de la température de la cuisson), la gélatinisation de l'amidon, le brunissement non enzymatique (réaction de Maillard) responsable de la couleur et de l'odeur du produit fini et puis tout ce qui concerne la formation de la croûte (la réticulation des protéines, la fusion des cristaux de graisse, la rupture des cellules gazeuses et parfois la fragmentation des parois cellulaires) (Fetouhi, 2014 ; Mondal & Datta., 2008, Sablani *et al.*, 2002).

La panification est donc l'ensemble des étapes de la fabrication du pain, ponctué par des épisodes actifs (périodes de préparation et de travail de la pâte) et des épisodes passifs (périodes pendant lesquelles la pâte "travaille seul", se repose, fermente ou cuit), (Inoue & *al.*, 1992).

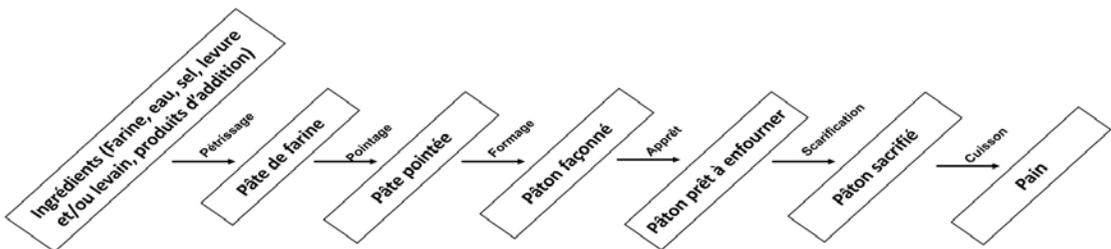


Figure 1 : Procédé de fabrication du pain (Zhu *et al.*, 2008)

3. Les Defauts De Fabrication Du Pain

Lorsqu'une fabrication est terminée, le boulanger peut éventuellement constater des défauts sur les pains et qui peuvent toucher les propriétés organoleptiques, l'aspect extérieur, le développement, le volume, l'aspect de la mie, l'odeur et la saveur du pain. En règle générale, tous les défauts peuvent être évités par une bonne anticipation au cours des fabrications, en appliquant certains principes de base notamment la rigueur quant au respect des températures, des durées de pétrissage, de fermentations, et la bonne

connaissance du métier ainsi qu'une aptitude à apprécier la qualité de la pâte par le toucher, la vue, et d'une façon plus générale par les cinq sens.

3.1. L'aspect extérieur du pain

On parle de couleur anormale quand la croûte reste pâle ou rougit, ou plus rarement quand elle est terreuse (Lopez *et al.*, 2002). Les pains pâles, encore appelés "durs à la couleur", sont issus d'une farine fabriquée à partir de blé pauvre en sucre et en diastases en raison d'un taux d'extraction trop faible (Tounian, 2012). On peut alors y remédier en ajoutant des blés exotiques ou 0,15 à 0,2% de farine maltée au mélange (Fardet *et al.*, 2006). Le boulanger qui enfourne à feu trop doux peut connaître ce problème lorsque sa pâte exagérément fermentée contient une quantité excessive de levain ou si la dose de sel est insuffisante. Mais ces incidents sont très rares. Les pains qui rougissent se colorent rapidement. Le boulanger peut en être responsable si son eau de coulage est trop chaude ou s'il cuit une pâte dont le pointage est insuffisant (Jean, 1979).

3.2. Le développement et le volume

L'aspect des pains lourds et des pains mal développés n'est pas désagréable mais leur volume est inférieur à la normale (Leenhardt *et al.*, 2005). Lorsqu'on les soupèse, une impression de lourdeur se dégage, c'est pourquoi on parle de pains lourds. Ce défaut provient essentiellement de la farine : blés au gluten à chaînes courtes, taux d'extraction trop faible ; farine mal équilibrée ou farines vieilles ou étuvées (Dellaye & *al.*, 1994)

3.3. L'aspect de la mie

La couleur grise est un critère de qualité très important du pain (Leenhardt *et al.*, 2005). Les blés sont à l'origine de ce défaut, quand ils sont boutés ou charbonnés ; trop vieux ; altérés ou exotiques. Un blé insuffisamment nettoyé ou une mauvaise technique de mouture peuvent contribuer à l'apparition de cet état. La mie grisâtre peut également être issue de l'utilisation d'un levain trop vieux et acide ou d'une eau chaude (Tounian, 2012). Cependant, une texture serrée sera considérée, selon les régions, comme un défaut ou une qualité mais elle se doit d'être toujours souple et fine. Ainsi, la mie ne sera dite imparfaite que lorsque les parois qui séparent les alvéoles sont épaisses et que sa structure donne une impression de rudesse au toucher. Ce problème peut provenir de la farine lorsqu'elle est issue d'un blé à gluten court ou légèrement avarié ou encore lorsque le pourcentage de farine basse est trop élevé dans la farine panifiable (Tounian, 2012). Cela peut provenir également du boulanger s'il confectionne des pâtes trop fermes, s'il emploie une eau trop chaude ou si la fermentation est insuffisante ou excessive (Chaurand *et al.*, 2005). Une mie collante se traduit par une adhésion de la mie à la lame de couteau lorsqu'on veut trancher le pain. Ce cas est rare mais il provient de la farine par la présence de grains de blé germés lors de la mouture.

L'ajout de la farine de seigle à la farine panifiable peut en être également responsable (Chaurand et al., 2005).

4. La Qualité Sanitaire Du Pain

Au Bénin, la qualité du pain alimente l'actualité depuis quelques années, du fait de l'utilisation présumée du bromate de potassium. Cette pratique est relayée par plusieurs rumeurs et quelques rares documents de l'Association des Pâtisseries et Boulangers du Bénin.

La présentation et les conditions de vente de pains aux abords des voies dans certains pays africains comme le Bénin sont peu recommandables et suscitent plusieurs interrogations.

Lorsque les manipulateurs d'aliments ne pratiquent pas une hygiène personnelle sécuritaire, ils peuvent devenir un véhicule pour la transmission des agents pathogènes, par les mains, la bouche, la peau, entre autres (HPA, 2009).

Les conditions d'hygiène dans les boulangeries, les conditions de travail des boulangers et des acteurs de la chaîne de distribution du pain sont sous-optimales et prédisposent le pain à la contamination par des microorganismes pathogènes (Olusegun *et al.*, 2015).

La qualité d'un pain se caractérise par l'absence de micro-organismes divers et de substances chimiques qui le rendraient nocif. Cette qualité lui procure une meilleure valeur nutritionnelle (Sablani *et al.*, 2002). L'utilisation de blé de bonne qualité est la première condition nécessaire pour obtenir du bon pain. Depuis 20 ans, la qualité du blé cultivé a fortement évolué (Inoue & *al.*, 1992). Grâce à un effort de sélection, de nombreuses variétés sont devenues plus riches en gluten et plus facilement panifiables. Ceci ne signifie pas qu'elles donnent du pain de meilleure qualité gustative et nutritionnelle (Salimata & *al.*, 2020).

La croissance des moisissures dans la farine, les pains et les pâtisseries peut entraîner une contamination primaire par les mycotoxines (Salimata & *al.*, 2020). Bien que les moisissures soient habituellement tuées dans le processus de cuisson, une manipulation incorrecte peut engendrer leur survie et donc la production de toxines dans les produits de boulangerie, principalement en raison de la poussière de boulangerie qui peut contenir des spores (Weidenbörner *et al.*, 2000). Dans les pays producteurs et consommateurs de pains comme le Bénin où l'on ne produit pas du blé, la farine importée doit forcément faire l'objet d'un stockage et d'une manipulation minutieux. Une sensibilisation à l'endroit des acteurs de la chaîne serait une belle initiative.

4.1. L'altération bactérienne

On entend par altération ou pourrissement, toute modification qui fait perdre au pain sa qualité désirée et le rend impropre à la consommation.

L'altération bactérienne du pain se répercute sur sa couleur, son aspect, son goût, son odeur et est due à la production d'acides et/ou d'enzymes par les bactéries (Inoue & al, 1992). Deux altérations sont connues pour le pain et sont d'origine bactérienne :

- La maladie du pain saignant ou maladie rouge due au développement de la bactérie *Serratia marcescens*, également appelée *Prodigrosus*.
- Le pain filant ou pain visqueux causé par *Bacillus subtilis* et *Bacillus mesentericus* car leurs spores résistent plusieurs heures à 100 °C. Ces bactéries peuvent provenir des matières premières, de l'équipement ou de la levure elle-même (El Hassouni, 2014). La maladie se déclare lorsque le taux d'acidité du pain est trop faible ou quand il est stocké en atmosphère chaude et humide. Une odeur d'ananas avarié et des tâches jaune foncé apparaissent alors dans la mie. Les tâches grandissent, l'odeur devient pénétrante, putride et tenace. Un phénomène de filamentation apparaît alors par détachement de longs filaments au contact d'une lame de couteau avec la mie.

4.2. L'altération fongique

Ce type d'altération est apparu avec le pain emballé et coupé en tranches. Selon Zuliani et Pascal (2004), la moisissure est la cause la plus fréquente de l'altération du pain. Bien que les spores de moisissures soient détruites au cours de la cuisson du pain, la croûte est rapidement recontaminée par celles qui sont en suspension dans l'air ou présentes sur les appareils de tranchage ou les surfaces de contact, les emballages ou sur les mains des personnes qui le manipulent. Les spores de moisissures pourront éventuellement germer et altérer le produit au cours de son entreposage, particulièrement si l'air ambiant est chaud et humide, ou si le pain est emballé à chaud, ce qui provoque de la condensation à l'intérieur de l'emballage au cours du refroidissement. Les moisissures sont à l'origine de tâches feutrées et duveteuses, de couleurs variables. Les champignons le plus souvent mis en cause sont des genres *Aspergillus* et *Penicillium*. Mais, environ 15 espèces différentes peuvent apparaître sur le pain (Chaurand *et al.*, 2005).

Plusieurs moyens de lutte peuvent être utilisés contre le développement des moisissures, notamment : (i) l'acidification du pain ; (ii) l'aménagement du fournil pour éviter la dispersion des farines (spores) dans les ateliers à la suite de mouvements d'air ; (iii) la désinfection et le nettoyage du matériel de fabrication et (iv) la surveillance des locaux de stockage (Bouis *et al.*, 2011).

4.3. Altérations chimiques

L'altération chimique est essentiellement liée aux pesticides dont l'utilisation en agriculture s'est généralisée depuis quelques décennies. C'est avec le traitement des blés qu'une source importante de résidus apparaît. Mais s'ils sont correctement utilisés, les résidus des traitements appliqués aux sols, aux semences, aux plantes (insecticides, herbicides, fongicides) ne seront

présents qu'en quantité négligeable dans le pain (Jean Buré, 1979). De plus, les résidus de pesticides étant en effet surtout présents dans les parties externes des grains de blé, les farines d'extraction plus ou moins complètes seront plus facilement polluées et de manière plus importante que les farines blanches et donc les pains blancs. Ces résidus sont en partie détruits par la panification (Fardet *et al.*, 2006).

4.4. Les pratiques de malfaçon et les réglementations de la filière pain

4.4.1. Les pratiques de falsification opérées sur le pain

Au Bénin, la recherche accrue du gain a amené des boulangers à adopter des pratiques à risques pour la qualité sanitaire du pain, tels que l'ajout de produits prohibés comme le Bromate de potassium dans le processus de fabrication du pain, des farines à bas coût et de qualité douteuse...

Développer dans les années 80, les boulangers anglais et européens pris entre la hausse de leurs coûts et le contrôle du prix du pain se tournèrent vers des procédés de panification nécessitant moins de blé de qualité (Leenhardt *et al.*, 2005) et l'utilisation des composants lactiques, des farines de légumineuses et des matières grasses pour « améliorer » le pain (Weidenbörner *et al.*, 2000 ; Fardet *et al.*, 2006). Cette amélioration du pain nécessite au cours du pétrissage l'addition de produits dits "améliorants", constitués essentiellement par des matières grasses spéciales, des substances émulsifiantes...etc. Selon le même auteur l'organisation des consommateurs français dénonçait le fait que la vente du pain amélioré permettrait aux boulangers d'accroître leur marge bénéficiaire. Une pratique confirmée par Chaurand *et al.* (2005), qui affirment qu'il suffit d'ajouter une goutte d'un oxydant ou d'un réducteur classique au cours du pétrissage de la pâte pour modifier spectaculairement le volume du pain. D'ailleurs, le nombre d'enzymes autorisés en panification française serait passé du simple au double sur la période de 1997 à 2004 (Olusegun *et al.*, 2015).

Au Nigéria par exemple, la qualité sanitaire du pain s'est dégradée en raison de l'utilisation aveugle du bromate de potassium (Oloyede & Sunmonu, 2009). Ce produit est employé depuis 1916 pour accroître le volume des pains à base de farines de blé.

L'association béninoise des pâtisseries et boulangers lors de ses assises des 27, 28 et 29 avril 2015 a reconnu que :

- Un nombre important de boulangeries fabriquent le pain avec du blé de qualité douteuse ou avariée et des adjuvants contenant des produits toxiques et cancérogènes,
- Certaines boulangeries produisent dans une extrême insalubrité et un manque d'hygiène, confirmé par ailleurs par le Ministère du Commerce et de l'Industrie, le Ministère de la Santé et la Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquée ;

- Les pains sont dans la majorité des cas distribués sans aucune précaution, vendus à motocyclettes, exposés dans des paniers non couverts ;
- Malgré l'existence des textes sur les conditions d'enregistrement et d'installation des boulangeries au Bénin, force est de constater que qu'un nombre important de boulangeries exercent dans l'informel.

Ce problème de falsification, assez généralisé aujourd'hui est intéressant à signaler en raison des risques de santé publique auxquels il expose. La falsification peut se faire par l'utilisation de farine de qualité inférieure ou par l'adjonction de substances minérales diverses (Agnès & al, 2021).

Au nombre de ces substances, nous pouvons citer :

- Le sulfate de cuivre qui permet de bien faire lever le pain en rendant de l'élasticité au gluten avarié et d'augmenter la quantité d'eau introduite à la pâte. Les effets se font sentir pour une dose de 1g/70kg. A 2g pour le même poids, la dose devient dangereuse (Desmonts & al, 2009).
- L'alun (sulfate double d'aluminium et de potassium) augmente la blancheur du pain. Lors de son utilisation, il faut diminuer la quantité de sel dans les mêmes proportions (Desmonts & al, 2009).
- Le bromate de potassium (KBrO₃) dont l'utilisation a été un choix courant chez les meuniers et les boulangers dans le monde entier car il est bon marché et probablement l'agent oxydant le plus efficace. Il agit comme un agent "gonfleur" du pain par oxydation lente tout au long du processus de fermentation, affectant la structure et les propriétés rhéologiques de la pâte. Mais ce produit serait nuisible à la santé humaine du fait de son caractère cancérigène et il a été interdit dans tout produit alimentaire (Olusegun *et al.*, 2015).
- La gomme xanthane (ou adjuvant E415) est un émulsifiant, un agent moussant, un stabilisant, un épaississant alimentaire utilisable pour optimiser le levage de la pâte de farine de blé, et admises par la commission mixte FAO/OMS du Codex Alimentarius dans sa norme Codex Stan 192–2015. La gomme xanthane permet d'avoir une pâte plus élastique, moins friable et une mie bien plus aérée ; et peut constituer un substitut recommandable au bromate de potassium.

4.4.2. Les réglementations du secteur pain

Au niveau national et sous-régional

L'installation en République du Bénin des boulangeries doit se faire conformément aux dispositions de l'arrêté N°0210/MIE/DGM/DIN du 16 août 1988 qui prescrit un zonage entre les boulangeries au Bénin (500m à Cotonou et environs, 800M dans les villes chefs-lieux de départements et 1km dans le reste du territoire national)

L'arrêté N°030/MICPE/DC/SG/DCCI/DCE du 23 mars 2006 portant spécifications et modalités d'importation et de mise en consommation de la farine de blé en République du Bénin prescrit que la farine de blé doit être importée au Bénin exclusivement par voie maritime via le port et que la farine de blé destinée à la mise en consommation en République du Bénin doit présenter les spécifications suivantes :

- Indication du lot, de la date de fabrication et de la date limite de consommation
- Cendres : 0.6% max
- Humidité : 13.5% max
- Protéine : 11% max

L'arrêté N°098/MICPE/DC/SG/DCCI/SCSP du 14 septembre 2005 de la République du Bénin portant fixation des modalités de distribution de pain par les boulangers, les boulangers-pâtisseries et les revendeurs en République du Bénin prescrit que :

- Chaque boulanger et boulanger-pâtisseries doit se conformer aux prescriptions ci-après :
 - Confectionner et mettre à la disposition de ses revendeurs, un uniforme portant l'enseigne de la boulangerie,
 - attribuer à chaque revendeur un numéro d'identification à inscrire sur l'uniforme ;
 - délivrer une facture aux revendeurs à chaque vente ;
 - utiliser les matières premières de bonne qualité ;
 - classer et conserver les factures des farines, des levures et des améliorants utilisés pour la fabrication du pain ;
 - conserver les sacs d'emballage de farine utilisée dans la journée ;
 - respecter les règles d'hygiène ;
 - maîtriser l'organisation et le circuit de distribution de ses produits ;
 - obliger les revendeurs à respecter les prix réglementaires fixés et à conserver par devers eux les factures.
- Tout revendeur de pain est tenu de :
 - porter l'uniforme de son fournisseur avec son numéro d'identification
 - respecter les prix officiels
 - conserver à tout moment la facture d'achat du pain mis en vente
 - respecter les règles d'hygiène

L'arrêté N°016/MICPE/DC/SG/DCCI/SCSP du 23 février 2006 de la République du Bénin fixe les procédures d'implantation des boulangeries en République du Bénin prescrit

L'arrêté interministériel N°004/MICPE/MFE/DC/SG/DCCI/DCE du 06 janvier 2005 de la République du Bénin interdit l'importation et la

commercialisation en République du Bénin d'adjuvants et autres produits alimentaires contenant du persulfate d'ammonium, du bromate de potassium, du bromure de sodium et de la salmonelle.

D'un point de vue réglementaire, l'Union Européenne a adopté depuis 1993 une série de réglementations imposant aux producteurs de denrées alimentaires de mettre en place des mesures visant à assurer un niveau de protection élevée, notamment une traçabilité de la fourche à la fourchette.

La réglementation béninoise en matière de la qualité du pain et de ses intrants n'est pas bien fournie.

L'arrêté 2008 N°052/MICPE/DC/SGM/DGCI/DPCI de la République du Bénin fixe les prix au poids du pain (tableau 3).

Tableau 3 : Prix au poids du pain

Poids du pain	Prix de vente en gros	Prix de vente en détail
200 g	135 F	150 F
160 g	112 F	125 F

Au niveau international

Par exemple en France, selon le décret du 13 septembre 1993, seuls peuvent être mis en vente ou vendus sous la dénomination de « pain de tradition française », « pain traditionnel français », « pain traditionnel de France » ou sous une dénomination combinant ces termes ; les pains, quel que soit leur forme, n'ayant subi aucun traitement de surgélation au cours de leur élaboration, ne contenant aucun additif et résultant de la cuisson d'une pâte qui présente les caractéristiques bien précises. En ce qui concerne le pain biologique, selon la législation européenne en vigueur, ne peut faire référence à l'appellation « issu de l'agriculture biologique » que le produit alimentaire qui contient au moins 95% d'ingrédients issus de l'agriculture biologique. Le client « bio » désire un pain riche en fibres, préparé avec de la farine moulue à la meule de pierre, du levain naturel et du sel marin non raffiné (*Christian & al*, 2015). Ces exigences ne figurent pas dans le règlement européen. Des marques privées les ont incluses dans leur procédé de panification. L'utilisation de la mention « biologique » est certifiée par un organisme agréé par l'Etat.

Conclusion

Le pain, denrée alimentaire populaire et très accessible, est fabriqué à base de farine de blé, de l'eau et d'un agent de levage comme la levure. Son processus de fabrication passe par le pétrissage, le pointage, le formage, l'apprêt, la scarification et la cuisson.

La qualité initiale des matières premières, la quantité et les types d'ingrédients, la quantité et les types d'additifs, les paramètres technologiques

jouent un rôle important dans la qualité des pains. Ces paramètres peuvent être des facteurs d'influence pour la qualité de la production et celle pain final.

Les défauts physiques dans la qualité du produit final peuvent être dus à plusieurs raisons affectant le volume du pain, son durcissement, des odeurs ou des saveurs indésirables.

La présence de certains microorganismes peut affecter l'aspect, la couleur ou l'arôme du pain.

Aussi, la consommation du pain peut constituer un risque sanitaire sérieux pour la population en raison des pratiques d'amélioration et de modification auxquelles les fabricants ont quelques fois recours.

Cependant, en ce vingt-et-unième siècle où les procédés et modes alimentaires connaissent des changements spectaculaires à visée plus économique et sociale, l'on devrait rester en alerte et vigilant sur la qualité des denrées alimentaires, en particulier du pain que nous consommons ; en raison des pratiques nuisibles et insoupçonnées utilisées dans leur chaîne de fabrication.

References:

1. Adou M., Tetchi F. A., Kouadio J. A., Amani N. G., (2013). Preliminary study of in vivo toxicity of mixture «cashew apple juice-milk» on mice. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science Research*. 3(1) pp : 41-47.
2. Agnès A., Desmots ?. H., Hubert C., Ducasse, (2021). De l'Image à la Technologie : une approche pluridisciplinaire pour l'amélioration de la qualité du pain biologique. *Innovations Agronomiques*. Vol (4), pp :203-208.
3. Atwell, W., Sean F., (2016). Wheat flour. Livre. *American Association of Cereal Chemists International*. (2), p:61.
4. Autio K., Laurikainen T., (1997). Relationship between flour / dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends in Food Science and Technology*. (8) pp:181-185.
5. Barbigant S., Bonte L., Siekierski C., (1997). Les levures de boulangerie - *Projet de 3ème année, Institut Agricole et Alimentaire de Lille*, p:30.
6. Bock M. A. (2000). Minor constituents of cereals. *Handbook of cereal science and technology*, New York, Second edition, revised and expanded. pp:479-504.
7. Bokossa Y., Banon S. J., Tchekessi C. K. C., Dossou-Yovo P., Adeoti K. & Assogba E. (2013). Caractérisation physicochimique et microbiologique de Ablo : une pâte fermentée du Bénin. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 2013, Série A, 15(2) p :330

8. Bossou T., Dabade S., Bello D., Dossou J., (2021). Risk assessment of lead in wheat flour bread consumed in Benin. *Journal of Applied Biosciences*. (165) pp :17056-17064.
9. Bouis H. E., Hotz C., McClafferty B., Meenakshi J. V., Pfeiffer W. H. (2011). Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition. *Food Nutr. Bulletin* 32, pp:31-40.
10. Bouhadi D., Ibri K., Hariri A., Benattouche Z., Belkhodja H. (2020). Effet de l'ajout de la farine de malt sur les caractéristiques fonctionnelles et technologiques de la farine de blé tendre, *Revue Nature et Technologie*, 12 (2), pp:54-62.
11. Brabant C., Dario F., Kleijer G., Vincent V., (2007). Influence de la variété sur le goût du pain. *Revue Suisse d'Agriculture*, 39(3), pp:101-108.
12. Bram Pareyt, Sean M. Finnie, Joke A. Putseys, Jan A. Delcour. (2011). Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, (54), pp : 266-279.
13. Buche F. (2011). Influence de la formulation de pâtes de farine de blé sur leur consommation d'oxygène et leur production de dioxyde de carbone au cours du pétrissage et de la fermentation : Conséquences biochimiques et rhéologiques. Thèse. *Alimentation et Nutrition. AgroParisTech*. pp : 62-71.
14. Cauvain Stanley P. and Young Linda S. (2007). *Technology of Breadmaking*, Second Edition, Springer Science+Business Media, LLC. 410p.
15. Chancelle Betty N. ; (2015). Production et caractérisation de farine de patate douce (Ipomoeabatatas.Lam) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat. Université de Lorraine. Articles L 122. 4 Code de la Propriété Intellectuelle. http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php ; <http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>.
16. Chaurand M., Rémésy C., Fardet A., Leenhardt F., Bar-L'Helgouach C., Taupier-Letage B. & Abecassis J. (2005). Influence du type de mouture (cylindres vs meules) sur les teneurs en minéraux des différentes fractions du grain de blé en cultures conventionnelle et biologique. *Industries des Céréales*. (142), pp :3-11.
17. Christian R., Fanny L., Anthony F., (2015). Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. Volume 50, Issue 1, pp : 39-46.
18. Christiane M., Guilbot A., (1974). Influence des conditions de granulation du maïs sur les caractéristiques physico-chimiques de son

- amidon. *Annales de zootechnie*, INRA/EDP Sciences, 23 (3), pp.241-251.
19. Collar C., Armero E., Martinez J., (1998). Lipid binding of formula bread doughs. Relationships with dough and bread technological performance. *Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie*, (207), pp:110-121.
 20. Dellaye C., Clement P., Rossi J. P., (1994). Appréciation du pouvoir fermentaire. Lesaffre *Bakery Division Marcq-en-Baroeul : Maison Atfort*, p :12.
 21. Delphine S., Elisa M., Amandine D., Sandrine M., (2016). Diversité des terroirs, des blés, des levures, des bactéries, des pratiques boulangères: quel impact sur la saveur et la qualité nutritionnelle du pain ?. Communication dans un congrès, *Sciences du Vivant-Alimentation et Nutrition*. HAL INRAe. (hal-01602306)
 22. Demiralp H., Celik S., & Köksel H., (2000). Effects of oxidizing agents and defatting on the electrophoretic patterns of flour proteins during dough mixing. *European Food Research and Technology*, (211), pp:322-325.
 23. Desmots M.H., Chiron H., Ducasse M., Agnes A., (2009). De l'Image à la Technologie : une approche pluridisciplinaire pour l'amélioration de la qualité du pain biologique. *Innovations Agronomiques* (4), pp : 203-208.
 24. Don C., Lichtendonk W. J., Plijter J. J. (2003a). Glutenin macropolymer : a gel formed by particles. *Journal of Cereal Science*. (37) pp : 1–7.
 25. Don C., Lichtendonk W. J., Plijter J. J., (2003b). Understanding the link between GMP and dough: from glutenin particles in flour towards developed dough. *Journal of Cereal Science*. (38) pp : 157–165.
 26. Don C., Lichtendonk W. J., Plijter J. J., Vliet T. V. and Hamer R. J., (2005). The effect of mixing on glutenin particle properties : aggregation factors that affect gluten function in dough. *Journal of Cereal Science*. (41) pp : 69-83.
 27. El Hassouni Asmae (2014). Suivi physico-chimiques et microbiologiques et Maîtrise et Validation du circuit des sels nutritifs par HACCP à LESAFFRE Maroc. *Mémoire de fin d'études en ingénieurs Industries Agricoles et Alimentaires, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc*. p:124.
 28. Emeje M., Ofoefule S., Nnaji A., Ofoefule A., Brown S., (2010). Assessment of bread safety in Nigeria: Quantitative determination of potassium bromated and lead. *Afr. J. Food Sci*. 4(6), pp:394-397.

29. Fardet A., Leenhardt F., Lioger D., Scalbert A., Rémésy C., (2006). Parameters controlling the glycaemic response to breads. *Nutrition Research Reviews* (19) pp:1-9.
30. Feillet P., (2000). Le grain de blé composition et utilisation. *INRA, Paris*. p:308.
31. Fetouhi A., (2014). Panification à base de blé tendre ou de riz-fèveverole (sans gluten) : essai de prédiction de la qualité technologique par dissociation chimique des interactions impliquées. *Thèse, Université Constantine -1, Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A.)*, p:118.
32. Forsythe S. J., Hayes P. R., (1998). Food hygiene, microbiology, and HACCP. *Aspen Publications*. Pp:39-41.
33. François Jarrige, (2010). Le travail de la routine : autour d'une controverse sociotechnique dans la boulangerie française du XIX^e siècle. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, (65), pp : 645 – 677.
34. Gil M. J., Callejo M. J., Rodriguez G., (1997). Effect of water content and storage time on white pan bread quality : instrumente valuation. *Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie*, (205) pp :268-273.
35. Godon B., (1991). Biotransformation des produits céréaliers. Livre. *Collection Sciences et techniques agroalimentaires*. p:411.
36. Guinet R., (1992). Technologie du pain français, *Ed.B.P.I., Paris*, pp :182.
37. Hardaker J. B., Huirne R. B. M., Anderson J. R., Lien G., (2015). Coping with Risk in Agriculture. *Commonwealth Agricultural Bureau International Publishing* (3) pp:285-290.
38. Hardaker J.B., Lien G., Anderson JR et Huirne, R., (2015). Faire face au risque dans l'agriculture, édition : Analyse décisionnelle appliquée.
39. Health Protection Agency-HPA, (2009). *Annual Report and Accounts*, London. p.45.
40. Hutkins, Robert W. (2006). Microbiology and technology of fermented foods, *1st ed, Blackwell publishing*. ISBN-13: 978-0-8138-0018-9. p:475.
41. Hounhouigan D. J., (1994). Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawè production in Benin: Physical, chemical, and microbiological aspects. *PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands*, p:99.
42. Inoue Y, Bushuk W., (1992). Studies on frozendough. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. *Cereal Chemistry*, (69) pp:423-428.
43. Jean B., (1979). Suivis du recueil des usages concernant les pains de France. Actes du colloque. Paris. *Éditions du Centre national de*

- coordination des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation (France)*, pp:3-14.
44. Jongen T. R. G., Brusckhe M.V., Dekker J. G., (2003). Analysis of dough kneaders using numerical flow simulations. *Cereal Chemistry*, July 2003 Volume 80 Number 4, pp:383-389.
 45. Khandke S. S., Mayes T., (1998). HACCP implementation: a practical guide to the implementation of the HACCP plan. *Food Control, Vol.9, Issues 2-3*, pp:103-109
 46. Leenhardt F., Levrat-Verny M. A., Chanliaud E., Remesy C., (2005). Moderate Decrease of pH by Sourdough Fermentation Is Sufficient To Reduce Phytate Content of Whole Wheat Flour through Endogenous Phytase Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (53) pp:98-102.
 47. Levavasseur L., (2007). Suivi simultané de la consommation d'oxygène et de la consistance des pâtes de farine de blé tendre à l'aide d'un pétrin instrumenté (le Sitoxygraphe) : Tentative d'explications biochimiques et rhéologiques. Application à l'ajout de laccase. PhD in Food Science. Paris VII and Paris XI Universities, *AgroParisTech*, France.
 48. Lopez H. W., Leenhardt F., Remesy C., (2002). Minerals and phytic acid interactions : is it a real problem for human nutrition? *International Journal of Food Science and Technology*. (37) pp:727-739.
 49. Lopez H. W., Leenhardt F., Remesy C., (2002). Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *Int. J. Food Sci. Techno.* (37), pp :727-739.
 50. Luc S., Valerie M., (2012). Impact de la structure de l'aliment sur les propriétés nutritionnelles et l'acceptabilité du pain et des pâtes. *Innovations Agronomiques, INRAE*, (19), pp : 63-74.
 51. Macauley H, Ramadjita T., (2015). Les cultures céréalières : riz, maïs, millet, sorgho et blé. Rapport : *Plan d'action pour la transformation de l'agriculture africaine*, pp : 38.
 52. Martin P. J., Chin N. L., Campbell G. M., Marrant C. J., (2004). Aeration during bread dough mixing: III. Effect of scale-up. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C, Food and Bioproducts Processing*. (82), pp:282-290.
 53. Masylattard I., (1989). Le pain : aspects biochimiques et nutritionnels. *Thèse PhD Pharmacie*, Lille, p:123.
 54. Mehta K. L., Scanlon M. G., Sapirstein H. D., Page J. H., (2009). Ultrasonic investigation of the effect of vegetable shortening and mixing time on the mechanical properties of bread dough. *Journal of Food Science*. (74) pp:455-461.

55. Millar S., (2006). Role of the dough mixing process in bread production. In: HELDMAN D.R. (ED.), *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*. Taylor et Francis Group, London, pp:1-4.
56. Mondal A., Datta A.K., (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering* 86 (4), pp:465-474.
57. Oloyede O. B., Sunmonu T. O., (2009). Potassium bromate content of selected bread samples in Ilorin, Central Nigeria and its effect on some enzymes of rat liver and kidney'. *Food Chemical Toxicology*. 2009 Vol. 47; 2097-2070.
58. Olusegun A., Olufemi O., Olusola A., Bolade K., (2015). Safety of bread for human consumption in an urban community in Southwestern Nigeria. *African Journal of Food Science*. (9), pp:272-277.
59. Pareyt B., Finnie S.M, Putseys J A., Delcour J. A., (2011). Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science* (54), pp:266-279.
60. Richard R., (2005). Levures biologiques alimentaires ou poudres levantes. *L'Agroalimentaire*. p:34.
61. Sablani S. S., Baik O., Marcotte M., (2002). Neural networks for predicting thermal conductivity of bakery products. *Journal of Food Engineering*. (52) p:299-304.
62. Sahu R., Saxena M., Mathur H. B., (2016). Potassium Bromate or Potassium Iodate in Bread. *Pollution Monitoring Laboratory*. New Delhi India, 110003. p:23.
63. Sajot-Deneuille D., (2008). Contribution à la mise en place de la démarche HACCP pour la fabrication de pain blanc précuit surgelé. *Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT*, 2008, p:170.
64. Salimata K., Mamadou S., Mahmoud A. C., Oumou S. M., Abdoulaye Z. K., Alassane M. M., Safiatou S., Madou C., Cheick T. O. S., Fatoumata M., Ousmane T., (2020). Évaluation de la qualité microbiologique et chimique du pain et de la farine servant à faire le pain dans les boulangeries de Bamako. *Revue Malienne de Science et de Technologie*. Vol.(1.23), pp : 09-10.
65. Sluimer P., (2005). Principles of breadmaking: functionality of raw materials and process steps. *Amer Assn of Cereal Chemists - Hardcover*. pp:03-30.
66. Stauffer C. E., (1996). Fats and oils. *Molecular Nutrition of Food Research*. p:149.
67. Tounian P., (2012). Faut-il avoir peur des sucres chez l'enfant ? *Réalités pédiatriques*. (172), p:4

68. Touyarou P., (2011). Formulation, caractérisation et validation d'un pain satiétogène. Thèse de doctorat, *Médecine humaine et pathologie. Université de Bourgogne*, p :157.
69. Wang M., Oudgenoeg G., Vliet T.V., Hamer R. J., (2003). Interaction of water unextractable solids with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality. *Journal of Cereal Science*, (38), pp:95-104.
70. Weidenbörner M., Wiczorek C., Appel S., Kunz B., (2000). Whole wheat and white wheat flour—the mycobiota and potential mycotoxins. *Food Microbiology*, (17) p:103-107.
71. Zhou Z., Robards K., Helliwell S., Blanchard C., (2002). Review-Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*. (37) pp:849-868.
72. Zhu F., Cai Y. Z., Sun M., Corke H., (2008). Effect of phenolic compounds on the pasting and textural properties of wheat starch. *Biosynthesis Nutrition Biomedical*. (60) pp:609-616.
73. Zuliani V., Garry P., (2004). Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire. *Salles propres*. (31) pp:12-16.