

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Académique

Spécialité : Sciences Alimentaires

Option : Transformation et conservation des produits agricoles

THEME :

**Etude de L'influence de l'incorporation de la poudre de
Pulicaria odora sur l'acceptabilité du pain**

**Présenté par : Haroun Kamelia
Hasna Ourdia**

Encadré par : Mr YESLI

Maître de conférences

Soutenu le : 20/09/2017

Devant le jury :

Présidente : M^{me} BENAHMED DJLALI

Maître de conférences

Examineur : M^f BENGANA

Maître de conférences

Année Universitaire : 2016/2017

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nos remerciements les plus cordiaux a notre promoteur Mr YESLI A et également témoigner notre gratitude pour sa patience et son soutien qui nous à été précieux afin de mener notre travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et l'enrichir par leurs propositions.

Mme BENAHMED DJILALI A

Mr BENGANA M

Nous tenons à remercier le personnel de la boulangerie de Tizi Ouzou de nous avoir accueillis et également pour leurs aide qu'ils nous ont offerte tout au long de nos essais de panification.

Enfin, tous ce qui ont contribué de prés et de loin à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de notre parfaite reconnaissance.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leurs patience illimitée, leur encouragements contenu, leurs aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

Mon frère et Mes sœurs

Mes grands-mères

Cher NADJIB

Mes amis

Ma chère amie HASNA OURDIA

Kamelia

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents

A mes chers frères et sœurs

*A mes chers belle sœurs, mes neveux et mes nièces surtout
Ouiam.*

A mes amis

*A ma Chère amie **Bouameur Lydia***

*A ma chère binôme **Haroun Kamelia***

HASNA OURDIA

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Listes des figures

Introduction générale.....01

Partie I : Revue bibliographiques

Chapitre I : Généralités sur les fibres alimentaires

I.1. Description de <i>Pulicaria odora</i>	03
I.2. Classification botanique.....	04
I.3. Usage médicinal.....	04
I.4. Fibres alimentaire.....	04
I.5. Différents types de fibres alimentaires.....	05
I.5.1. Fibres solubles	06
I.5.2. Fibres insolubles	06
I.6. Rôle des fibres alimentaires en panification	07
I.7. Effet des fibres alimentaires en panification.....	09

Chapitre II : Généralités sur le blé tendre

II.1. Définition.....	15
II.2. Histologie du grain de blé.....	15
II.3. Composition chimique du grain de blé.....	16
II.3.1. L'eau.....	17
II.3.2. Les glucides	17
II.3.3. Les protides	18
II.3.4. Les lipides	18
II.3.5. Les vitamines	18
II.3.6. Les minéraux	19

II.3.7. Les enzymes	19
---------------------------	----

Chapitre III : Généralités sur la farine

III.1. Définition	20
III.2. Composition chimique de la farine	20
III.2.1. L'eau	20
III.2.2. Les lipides	20
III.2.3. La matière minérale.....	20
III.2.4. L'amidon	21
III.2.5. Les protéines	21
III.2.6. Les vitamines	22
III.2.7. Les enzymes	22
III.3. Classification commerciale des farines	23
III.3.1. Les farines blanches	23
III.3.2. La farine complète, Semi-complète et intégrale	23
III.3.3. La farine destinée aux professionnelles	24
III.4. Qualité réglementaire de la farine de blé.....	24
III.4.1. Facteur de qualité ; critères généraux	24
III.4.2. Facteur de qualité ; critères spécifiques	25
III.4.3. Les contaminants.....	25
III.4.4. Hygiène	26
III.4.5. Le conditionnements	26

Chapitre IV : Généralités sur la panification

IV.1. Processus général de panification	27
IV.1.1. Le pétrissage	27
IV.1.2. Le pointage	28
IV.1.3. La division.....	28
IV.1.4. Le façonnage.....	29

IV.1.5. L'apprêt.....	29
IV.1.6. L'incision superficielle	30
IV.1.7. La cuisson	31
IV.2. Définition du pain	31
IV.3. Différents types de pains commercialisés	31

Partie II : Matériels et Méthodes

1. Matériels végétales	36
1.1. Pulicaria odora.....	36
1.1.1. Lavage et égouttage.....	37
1.1.2. Le s séchage	37
1.1.3. La mise en poudre	37
1.1.4. Tamisage	38
1.2. La farine	38
1.3. La levure.....	39
1.4. Le sel	39
1.5. L'eau	39
1.6. Composition du mélange farine et poudre	39
2. Suivi de fermentation	39
3. Panification	40
4. Qualité des pains	41
4.1. Poids	41
4.2. Volume	41
4.3. Densité	42
4.4. Epaisseur de la croûte.....	42
5. Qualité de la mie	42
5.1. Capacité de rétention d'eau de la mie	42
5.2. Analyse de la mie par imagerie	43

6. Analyse sensorielle43

Résultats et discussions45

Conclusion58

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Abstract

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification de <i>Pulicaria odora</i>	04
Tableau 2 : Constituants des fibres alimentaires	05
Tableau 3 : Quelques problèmes de santé ayant potentiellement une relation inverse avec l'ingestion des fibres alimentaires	10
Tableau 4: Les concentrations en poudre de <i>Pulicaria odora</i> dans la farine.....	39
Tableau 5: les ingrédients nécessaire pour la préparation des pâtons	40
Tableau 6 : le poids des pains préparés.....	46
Tableau 7 : Volume des pains préparés	47
Tableau 8: le volume spécifique des différents pains	48
Tableau 9: Epaisseurs de la croûte des pains	50

Liste des figures

Figure 1 : Photo de <i>Pulicaria odora</i>	03
Figure 2 : Histologie de la graine de blé tendre	16
Figure 3 : Le pétrissage	27
Figure 4: Le pointage	28
Figure 5 : Le façonnage	29
Figure 6 : L'apprêt	30
Figure 7 : Incision superficielle des pâtons	30
Figure 8 : La cuisson	31
Figure 9 : Le pain de tradition française	32
Figure 10 : Pain de campagne	32
Figure 11: Pain complet	33
Figure 12: Pain bio	33
Figure 13 : Le pain au levain	34
Figure 14 : Pain au seigle	35
Figure 15 : <i>Pulicaria odora</i>	36

Figure 16 : Feuille de <i>Pulicaria odora</i>	36
Figure 17: Feuilles séchées de <i>Pulicaria odora</i>	37
Figure 18: la mouture des feuilles de <i>Pulicaria odora</i>	38
Figure 19: Poudre de <i>Pulicaria odora</i>	38
Figure 20 : Evolution de la hauteur des pâtes en fonction de temps.....	45
Figure 21 : Variation de volume des pains enrichis en fibres en fonction des pourcentages des fibres alimentaire	48
Figure 22: Variation de la densité des pains enrichis en fibres en fonction des pourcentages des fibres alimentaire	49
Figure 23: variation de l'épaisseur de la coûte.....	50
Figure 24: capacité de rétention d'eau de la mie.....	51
Figure 25 : les photos d'analyse des mies par imagerie.....	53
Figure 26: Histogramme des résultats d'analyse d'image	54
Figure 27: les pains obtenus après cuisson	55
Figure 28: Caractéristique sensorielle des pains (couleur de la croûte).....	56
Figure 29: Caractéristique sensorielle des pains (couleur de la mie).....	56
Figure 30: Caractéristique sensorielle des pains (odeur)	57
Figure 31: Caractéristique sensorielle des pains (goût)	57

Introduction

De nos jours, un retour au « naturel » et une préférence « santé » sont observés dans les habitudes de consommation de la population. Les consommateurs cherchent de plus en plus des aliments faits à partir d'ingrédients qui apportent des bénéfices pour la santé.

Le blé est un constituant important d'une multitude d'aliments que l'on retrouve sur le marché (pain, céréales, biscuits, gâteaux, pâtes alimentaires, etc.). Depuis des siècles, le pain est présent sur la table des riches et des pauvres. La plupart des gens considèrent ceci comme tout à fait naturel ; ils ne se rendent pas compte du rôle qu'a joué le pain dans la vie de l'homme (Buher *et al.*, 1985). L'apparition de cet aliment céréalier fermenté représente une étape majeure dans l'histoire universelle de l'alimentation (Chiron 2003). Depuis plusieurs années, la consommation de pain à base de blé augmente fortement dans de nombreux pays, notamment les pays en voie de développement, en raison de l'augmentation de la population, de l'urbanisation et du changement des habitudes alimentaires.

En Algérie, la consommation de pain avoisine les 48 600 000 baguettes/ jour, ce qui place notre pays juste derrière la France et à la 4^e place en termes de qualité de pain (Faostat 2016).

Les fibres sont les constituants majeurs des parois des végétaux supérieurs et sont très abondants dans les céréales et les produits céréaliers, les fruits, les légumes ainsi que les légumineuses. Elles ne sont ni digérées ni absorbées par aucun compartiment de l'intestin (Afssa 2002). Les fibres sont subdivisées en deux grandes catégories. Les fibres solubles et les fibres insolubles. De nombreuses études ont montrées le rôle vital que les fibres jouent dans la prévention de nombreuses maladies métaboliques. Leur présence dans l'alimentation prévient plusieurs problèmes de santé comme la constipation, l'appendicite, le diabète, l'obésité, le cancer du gros intestin, les maladies cardiovasculaires, etc (DeVries 2003). En raison des bienfaits des fibres sur notre santé, de nombreux pays ont émis des

Introduction

recommandations. En Europe, l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESA), et en Amérique du Nord, et plus particulièrement au Canada, par le biais du Programme National de Nutrition et de Santé (PNNS), il est recommandé de consommer des quantités en fibres alimentaires variant entre 25 et 30 g par jour au lieu de 15 à 21 g actuellement consommés.

Il est de tradition dans certaines régions d'Algérie de préparer du pain type galette avec *Pulicaria odora* en raison de ses vertus sur le bien-être des individus. *Pulicaria odora* appelée aussi trempe d'éléphant, est une plante médicinale largement utilisée en médecine traditionnelle pour traiter les douleurs dorsales, troubles intestinaux et les crampes menstruelles. Consommées sous forme d'épice, elle relève la saveur du pain et de la viande. D'autres parties de la plante sont aussi valorisées dans la médecine traditionnelle, c'est le cas des racines qui ont des propriétés anti-inflammatoires (Ezoubeiri *et al.*, 2005), tandis que les huiles essentielles et les composés phénoliques sont doués d'activité antibactérienne (Hanbali *et al.*, 2005 ; Ezoubeiri *et al.*, 2005).

Notre présent travail, se propose d'étudier l'influence de cette plante endémique sur les propriétés technologiques et sensorielles du pain baguette, fabriqué avec des concentrations croissantes en poudre de *Pulicaria odora*. Pour cela, le mémoire est subdivisé en deux parties. Dans la première, nous nous sommes appelés à une synthèse bibliographique des principales connaissances sur les fibres alimentaires en générale et sur *Pulicaria odora* en particulier. Dans la deuxième partie, il est précisé le protocole suivi et les résultats obtenus.

I.1. Description de *Pulicaria odora* (Figure 1)

C'est une plante herbacée vivace parfumée avec des fleurs jaunes (Bellakhdar 1997). Elle est caractérisée de la région méditerranéenne qu'on rencontre dans les maquis et les sous-bois clairs. vivace à tige de 3-6 dm dressé, simple ou rameuse au sommet, velue. Ces feuilles sont pubescentes, laineuses en dessous, entières ou obscurément denticulées. Les radicales grandes, elliptiques-oblongues, pétiolées, les culinaires oblongues-lancéolées, sessiles, demi- embrassantes, cordées à la base, dépourvues d'oreilles saillantes ; involucre à folioles hispides, les intérieures scarieuses, linéaires, très étroites, longuement acuminées ; akène velus, aigrette rousse ; capitules en corymbe portés par des pédoncules épaissis au sommet ; fleurs jaunes à ligules, dépassant longuement l'involucre. Sa floraison est du mai à août .Sa répartition : Espagne, Portugal, Italie, Afrique septentrionale (Tela botanica 2011). Sa classification est donnée dans le (Tableau 1).



Figure 1 : Photos de *Pulicaria odora*

Tableau 1: Classification de *Pulicaria odora* (Cronquist 1981)

Règne	Plantae
Sous-règne	Trancheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Angiosperme
Sous-classe	Dicotylédone
Ordre	Asterales
Famille	Astéracée
Genre	Pulicaria
Espèce	Pulicaria odora

I.2. Usage médicinale de *Pulicaria odora*

Pulicaria odora est une plante médicinale, dont l'implication thérapeutique est dans la médecine européenne et méditerranéenne et elle fut d'un grand secours il y a fort longtemps pour traiter l'infection intestinale de la dysenterie, est aussi comme plante cicatrisante principalement sur les plaies et les contusions. Très efficace sur l'appareil respiratoire, elle a une action mucolytique, expectorante, anti catarrhale et antitussive très puissante. En usage externe et en massage, elle est très efficace contre les bronchites et d'autres infections respiratoires chroniques. Elle est un tonique cardiaque et aide à combattre les fatigues du myocarde. Elle a des propriétés antibactériennes, antiseptiques et anti-inflammatoires.

I.3. Les fibres alimentaires

Ce sont des polymères glucidiques d'origine végétale (cellulose, pentosanes, gommés, pectines...) associées ou non dans la plante à la lignine ou à d'autres constituants glucidiques

(phénols, cires, phytates,..) ou des polymères glucidiques transformés (physiquement, chimiquement, ou par voie enzymatique) ou encore des polymères synthétiques (Tableau 2). En outre les fibres alimentaires ne sont ni digérées ni absorbées dans l'intestin grêle (Afssa, 2002).

Tableau 2: Constituants des fibres alimentaires (AACC 2001).

Polysaccharides non amidonnés et oligosaccharides résistants	Glucides analogues	Substances associées aux polysaccharides non amidonnés et aux complexes ligneux des végétaux	Fibres d'origine animale
Cellulose	Dextrines indigestibles	Cires	Chitine
Hémicelluloses	Maltodextrines résistantes	Phytates	Chitosane
Arabinoxylanes	Dextrines de pommes de terre résistantes	Cutine	Collagène
Arabinogalactanes	Composés glucidiques synthétisés	Saponines	Chondroïtine
Polyfructoses	Poly dextrose	Subérine	
Inuline	Méthyle cellulose	Tannins	
Oligofructanes	Hydroxypropylméthyl cellulose		
Galactooligosaccharides	Amidon résistant		
Gomme	Lignine		
Mucilages			
Pectines			

I.3.1. Les différents types des fibres alimentaires

Il existe deux types de fibres : les fibres solubles, qui se dissolvent dans l'eau, et les fibres insolubles qui ne se dissolvent pas dans l'eau. La teneur totale en fibres de la plupart

des aliments d'origine végétale se composent des deux types de fibres dans diverses proportions.

1.3.1.1. Fibres solubles

Les fibres solubles regroupent plusieurs composés tels que la pectine, la cutine, les gommes, l'inuline, les mucilages, les galactomanannes et les hémicelluloses solubles sous forme d'arabinoxylanes ou des pentosanes. La séparation des fibres alimentaires sous forme soluble ou insoluble est un critère analytique basé sur leur solubilité dans différentes solutions.

Les fibres solubles font partie de composés solubles dans l'eau. Dans la farine les arabinoxylanes constituent 20 à 25 % des fibres solubles dans l'eau et formeraient un gel en contact avec des agents oxydants (Lineback et Rasper, 1988). Les arabinoxylanes solubles forment des solutions extrêmement visqueuses (Rouau 1996). Agissent globalement positivement sur les qualités de la pâte et du pain, à l'opposé des arabinoxylanes insolubles. Ce même auteur a montré l'enlèvement de composés solubles du son de blé donne des pâtes molles et collantes avec production des pains non développés. Lorsque des arabinoxylanes solubles dans l'eau sont ajoutés aux pâtes, les propriétés de la mie s'amélioreraient (Rodionova *et al.*, 1992). C'est donc pour ces raisons que les composés solubles des fibres alimentaires sont utilisés comme améliorants des pâtes à pain (Lineback et Rasper, 1988).

1.3.1.2. Fibres insolubles

Les fibres insolubles sont constituées d'hémicelluloses insolubles, de cellulose, de lignine et, d'amidon résistant.

Il existe un gradient de concentration des arabinoxylanes insolubles, du centre vers la périphérie du grain de blé (Rouau 1996) où 93 % des fibres du son de blé se retrouvent sous forme insoluble (Asp 1996). La teneur en cendres serait, par conséquent, corrélée avec la concentration d'arabinoxylanes insolubles (Rouau 1996).

Les fibres insolubles seraient difficiles à digérer puisqu'une réaction à deux phases intervient, mais des particules insolubles peuvent fournir une surface favorisant la croissance des micro-colonies bactériennes (Chaplin 2004). Les fibres insolubles augmentent et ramollissent les selles en absorbant de l'eau en augmentant le volume des selles (Rosado 2000). Le résultat est une diminution du temps de transit intestinal et une augmentation de la fréquence des mouvements gastriques (Rosado 2000).

1.3.2. Rôle des fibres en panification

Il est admis que les fibres solubles et insolubles ont des actions antagonistes.

1.3.2.1. Les fibres solubles

Ce sont des molécules très hydrophiles qui possèdent une forte capacité de rétention d'eau, leur poids moléculaire varie de 12 à 22 Kda. Plus abondantes dans l'albumen que dans le son. Les pentosanes sont des molécules les plus hydrophiles de la pâte. Ils agissent par leur capacité de fixation d'eau, et leur aptitude à réagir avec d'autres constituants de la pâte en particulier les protéines (Feillet 2000). Ils forment des solutions extrêmement visqueuses, et améliorerait la rétention des gaz dans la pâte par leurs effet positif sur les films de gluten-amidon (Seyer 2005). Le même auteur rapporte que lorsque les arabinoxylanes solubles dans l'eau sont ajoutés aux pâtes, les propriétés de la mie s'amélioreraient. (Rouau 1996), cité par (Seyer 2006), a observé des effets globalement positifs des arabinoxylanes solubles sur la qualité de la pâte et du pain, alors que l'effet est clairement négatif pour les arabinoxylanes insolubles.

Feillet (2000), rapporte que les pentosanes solubles, exercent une action positive, ils limitent la diffusion du CO₂ en augmentant la viscosité du film liquide qui tapisse les alvéoles. Ce même auteur indique que les pentosanes solubles exercent un effet bénéfique en panification car ils sont capables de fixer des quantités importantes d'eau au sein de la pâte d'une manière

uniforme. Ils permettent ainsi le développement des propriétés viscoélastiques recherchées et que simultanément ils fixent l'eau en excès et empêchent la pâte de coller, ils participent donc à un meilleur développement des pains.

1.3.2.2. Les fibres insolubles

Environ 93% des fibres de blé se trouvent sous forme insoluble (Reis *et al.*, 2007). Les pentosanes insolubles proviennent des fragments d'enveloppes du grain qui se retrouvent dans la farine après mouture, leur teneur est d'autant plus élevée que les farines sont peu purifiées (Seyer 2005). Leur poids moléculaire est compris entre 118 et 148 Kda, ces macromolécules, très enchevêtrées, sont parfois liées par des liaisons covalentes à d'autres constituants insolubles des parois (Feillet 2000).

Selon Seyer (2005), les hémicellulose insolubles font partie des substances ayant des effets critiques sur les propriétés de la pâte, et l'ajout d'enzymes contenant des hémicellulases ou des pentosanes annule l'effet négatif de ces derniers. En panification, les pentosanes insolubles favoriseraient une prise d'eau initiale hétérogène et trop importante : l'eau serait absorbée par des particules de dimension variables et inégalement réparties dans la pâte, phénomène qui provoquerait un déséquilibre dans la répartition de l'eau dans un milieu par voie de conséquence les protéines du gluten seraient à leur tour inégalement réparties dans la pâte, phénomène qui provoquerait un déséquilibre dans la répartition de l'eau dans le milieu. Par voie de conséquence les protéines du gluten seraient à leur tour inégalement hydratées et le réseau protéique ne pourrait se former dans des conditions optimales (Feillet 2000).

Seyer (2005) observe que les hémicelluloses insolubles agissent négativement sur la qualité boulangère en donnant des pâtes trop fermes. De plus les pentosanes insolubles, (fragment de paroi de dimension variée) peuvent interrompre le film de gluten autour des alvéoles et induire des zones de rupture dans la paroi des alvéoles (Feillet 2000).

La lignine étant un composé hydrophobe, sa présence dans la pâte altère les propriétés bénéfiques des fibres alimentaires (Seyer 2005).

(Seyer 2005), rapporte que plus les particules de son de blé sont fines moins elles affectent le volume du pain, les petites particules briseraient d'avantage le réseau du gluten lors du mélange, mais un temps de repos plus long permettrait à la pâte de refaire plus facilement le réseau contenant de fines particules de son. Des études ont montrées que le pré trempage des particules du son permettrait d'optimiser l'absorption de l'eau de tous les constituants de la farine.

1.3.3. Effets des fibres alimentaires sur la santé

Les fibres alimentaires sont reconnues pour leurs propriétés techno-fonctionnelles en raison de leur action épaississante et gélifiante de même que pour leurs effets physiologiques spécifiques et systémiques. En plus de diminuer la réponse glycémique et insulinémique, ces dernières sont bénéfiques pour le maintien de la santé intestinale (Cummins 2001), la prévention du développement des maladies cardio-vasculaires, tels l'hypertension et l'hypercholestérolémie (Fernandez 2001) de même que pour la régulation de l'appétit et la perte de poids (Howarth *et al.*, 2005).

Les fibres alimentaires sont reconnues pour leurs effets bénéfiques potentiels contre plusieurs maladies (Tableau 3). Les céréales sont les aliments les plus riches en fibres alimentaires. La quantité et la nature chimique des fibres alimentaires pourraient expliquer des variations de fonctionnalité dans les intestins, par exemple, leurs caractéristiques de fermentation (Nandini et Salimath, 2001).

Tableau 3: Quelques problèmes de santé ayant potentiellement une relation inverse avec l'ingestion des fibres alimentaires. (DeVries, 2003)

Problèmes de santé		
Constipation	Diverticulose	Hémorroïdes
Appendicite	Obésité	Insuffisance coronaire
Calculs biliaires	Cancer du gros intestin	
Diabète	Maladies cardiovasculaires	

1.3.3.1. Effet laxatif

Les fibres alimentaires jouent un rôle majeur dans le fonctionnement gastro-intestinal en augmentant le volume des selles ce qui améliore le transit intestinal.

Les glucides, non digérés mais fermentables de ces fibres alimentaires lorsque ces dernières atteignent le colon, sont fermentés (partiellement ou totalement) par les bactéries de la flore intestinales (microbiome).

Les principaux produits de la fermentation colique sont les acides gras à courte chaîne (acide acétique, propionique et butyrique), le dioxyde de carbone, l'hydrogène et le méthane (Chaplin 2004). Lors de l'entrée des fibres dans le gros intestin, elles augmenteraient le poids des selles, réduiraient le temps de transit intestinal, dilueraient le contenu du côlon et stimuleraient la fermentation bactérienne anaérobie (Bingham *et al.*, 2003). Ce processus diminuerait le contact entre le contenu intestinal et la muqueuse et tendrait à abaisser le pH par la production de courtes chaînes d'acides gras tels que l'acétate, le butyrate et le propionate (Bingham *et al.*, 2003). Ces acides gras produits par la dégradation des fibres seraient absorbés par le côlon et stimuleraient l'absorption d'eau et de sodium (Hébuterne 2002). Les acides gras à courte chaîne seraient une source d'énergie importante pour les bactéries anaérobies (Chaplin 2004). La production de gaz (hydrogène, carbonique et

méthane), causé par la dégradation des fibres, expliquerait les ballonnements et flatulences parfois observés au début du traitement par les fibres alimentaires (OICCC 1995).

Le degré de fermentabilité est une propriété unique de chaque fibre alimentaire et dépend de la nature et de l'arrangement structurel des composés des fibres et aussi des caractéristiques physiques telles que la grosseur des particules, la composition chimique et la structure des fibres alimentaires (Caballero *et al.*, 2004). Les β -glucanes, la pectine, les gommages et l'inuline sont bien fermentés tandis que la cellulose, la cutine, les hémicelluloses, la lignine et l'amidon résistant sont peu ou partiellement fermentés dans le côlon (Tunland et Meyer, 2002). Jusqu'à 40 % des fibres insolubles du son de blé sont fermentées (Caballero *et al.*, 2004). La fermentabilité dépend de la taille des particules où les petites particules seraient plus fermentescible, mais l'effet semble modeste (Caballero *et al.*, 2004).

Les fibres solubles serviraient à la fermentation parce qu'elles sont une source d'énergie pour les bactéries intestinales. Les fibres solubles seraient disponibles rapidement et seraient donc fermentées plus tôt dans le côlon et augmenteraient la prolifération bactérienne et la masse des fèces (Rosado, 2000; Chaplin, 2004). Quelques-uns des produits de la fermentation (acides gras à courtes chaînes) pourraient, de plus, avoir un effet laxatif (Rosado 2000).

La capacité d'absorption d'eau de la cellulose contribue à son pouvoir laxatif. En effet, une étude a démontré que la cellulose augmenterait le volume des fèces de 3 g/g de cellulose consommée. Par contre, cette augmentation est encore moindre que le son de blé qui augmenterait le volume des fèces de 5,7 g/g de son (Institute of Médecine, 2002).

1.3.3.2. Effet sur la satiété

Les fibres, principalement les fibres solubles, ont la capacité de provoquer un sentiment de satiété, par leur action sur la viscosité de l'aliment et celle du bol alimentaire tout au long de la digestion (Pereira et Ludwig, 2001).

Plusieurs fibres sont fermentées par la flore microbienne du côlon. Parmi les sous-produits de cette fermentation, les acides gras à courte chaîne jouent un rôle potentiel sur la satiété. Ces acides gras provoquent la sécrétion du peptide PYY par les cellules-L de la paroi du côlon. L'augmentation de la concentration de cette hormone dans la circulation sanguine diminue la motilité de l'estomac, ayant pour effet de ralentir la vidange gastrique, d'où une augmentation de la satiété (Cherbut 2003).

1.3.3.3. Régulation de la glycémie

Les fibres alimentaires solubles ralentissent l'absorption du glucose, mais n'entraîneraient pas de malabsorption réelle de celui-ci (Hébuterne 2002).

Ces fibres solubles par leur viscosité ralentissent la digestion permettant ainsi de limiter l'augmentation de la glycémie après un repas (taux de sucre dans le sang) en ralentissant la vidange gastrique. Elles contribuent également à une meilleure régulation glycémique, en particulier chez le sujet diabétique ; les plus efficaces sont les fibres solubles (Vierling et Frenot, 2001).

1.3.3.4. Effet hypocholestérolémiant

Les fibres solubles exerceraient un effet hypocholestérolémiant par un mécanisme d'augmentation de la viscosité de l'estomac et du contenu du petit intestin (Caballero *et al.*, 2004).

Lorsque les fibres solubles atteignent le colon ou elles sont fermentées par les microorganismes qui s'y trouvent, certains acides gras à chaîne courte se forment, tels l'acide acétique, acide butyrique et l'acide propionique (Spiller 2007).

Ces acides gras abaissent le pH du colon et provoquent l'insolubilisation des sels biliaires qui sont alors davantage excrétés. L'effet hypocholestérolémiant des fibres insolubles est attribué à leur capacité d'absorption d'une partie du cholestérol et des sels biliaires, et de ce fait leur plus importante évacuation dans les selles (Reis *et al.*, 2007).

Les fibres visqueuses diminuent très faiblement le taux de cholestérol sanguin (Caballero et al, 2004). De plus, la réduction du taux de cholestérol sanguin semble être le résultat de plusieurs facteurs, dont un serait dû à la consommation de fibres alimentaires. L'Institute of Médecine (2002) recommande de consommer 25 et 38 g/jour des fibres alimentaires pour les femmes et les hommes, respectivement, afin de se protéger des maladies coronariennes (cardiaques). La consommation médiane des fibres alimentaires devrait varier entre 16,5 et 17,9 g/jour pour les hommes et entre 12,1 et 13,8 g/jour pour les femmes (Institute of Médecine, 2002). Par contre, on ignore la dose maximale pour les fibres alimentaires.

1.3.3.5. Effet des fibres sur la biodisponibilité des minéraux

Les fibres alimentaires augmenteraient la satiété. La fermentation des fibres est une réaction anaérobique, donc cette réaction générerait de 2 à 3 kcal/g (la réaction aérobie génère 4 kcal/g) et ses produits de dégradations sont principalement utilisés par les bactéries plutôt qu'absorbés dans les intestins, ce qui pourrait diminuer la valeur énergétique des diètes. La consommation de fibres alimentaires pourrait diminuer l'absorption de certains minéraux (en présence d'acide phytique) tels que le fer, le zinc, le magnésium et le calcium (Institute of Medicine, 2002; Caballero et al, 2004). Par contre, dans l'alimentation des Nord-Américains, les calculs démontrent que la consommation de minéraux excède grandement le potentiel de la capacité de blockage de l'absorption des minéraux des fibres alimentaires (Caballero *et al.*, 2004). De plus, les minéraux liés aux fibres ou emprisonnés à l'intérieur de la matrice des parois cellulaires ne sont peut-être pas absorbés par le petit intestin, mais pourraient être partiellement relâchés dans le côlon au moment où la fibre est dégradée par les bactéries (Caballero *et al.*, 2004). Cependant, les fibres alimentaires peuvent lier de façon permanente des ions de métaux lourds et diminuer leur toxicité. Les fibres alimentaires stimuleraient la motilité gastro-intestinale due à leur capacité d'absorption d'eau et à l'augmentation de la viscosité du contenu intestinal (Rehman *et al.*, 2003).

L'augmentation de la masse bactérienne est un des mécanismes par lesquels les fibres alimentaires augmenteraient le volume du bol intestinal (Hébuterne 2002). Il s'agirait d'une augmentation de l'eau dans les matières fécales due au pouvoir d'adsorption des fibres, mais aussi d'une augmentation du poids sec de divers éléments : azote, graisses, bactéries, électrolytes, oligoéléments, etc. (Hébuterne 2002).

1.3.3.6. Prévention contre certains cancers

Selon (Bingham *et al.*, 2003), dans les populations où la consommation de fibres alimentaires est faible, le fait de doubler la consommation de fibres totales dans l'alimentation (non sous forme de supplément ou additif alimentaire) réduit le risque de cancer colorectal de 40 %. Par contre, aucun travail scientifique n'a pu démontrer la supériorité d'une source de fibre par rapport aux autres dans l'efficacité de lutte contre le risque de cancer colorectal (Bingham *et al.*, 2003).

Les fibres alimentaires préviennent le cancer du côlon (Spiller 2007) :

Elles lient les composés cancérigènes ;

- modifient la concentration des acides biliaires ;
- accélèrent le temps de transit et l'élimination des sous-produits de la digestion et d'autres fonction organiques possiblement cancérigènes ;
- fermentent et produisent des composés protecteurs (dont l'acide butyrique qui acidifie le côlon et le garde donc en santé).

1.3.3.7. Effet dans le traitement de l'urémie

Younes *et al.* (2004) rapportent que des régimes riches en fibres, pourraient constituer une nouvelle approche dans le traitement de l'urémie, les fibres alimentaires peuvent induire les mêmes effets hypouricémiant que les régimes hyperprotéiques, il semble intéressant d'accroître l'apport en fibres fermentescibles chez les patients atteints d'insuffisance rénale chronique pour leurs effets hypouricémiants.

II.1. Définition

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feillet 2000).

Le blé est une plante annuelle aux racines fibreuses à tiges hautes et généralement creuses, portant des nœuds d'où partent des feuilles, des sommets de la tige portent une grappe des fleures qui se transforme en grain. Le grain de blé mesure de 4.8 mm à 9.5 mm de longueur selon les variétés et le degré de maturité, sa forme varie de sphérique à allongée, sa surface est parcourue d'un sillon longitudinal dont la profondeur atteint près de la moitié de l'épaisseur du grain

Le blé tendre est une monocotylédone qui appartient au genre *tritium* de la famille graminée appelé (*tritium aestivum*).

II.2. Histologie du grain du blé

Le grain de blé est de forme ovoïde plus ou moins allongée, son examen révèle :

- Une face dorsale plus ou moins bombée.
- Une face ventrale, comportant un sillon profond.
- à sa partie supérieure, de courts poils forment la brosse.
- à sa partie inférieure, le germe est visible sur la face dorsale.

La couleur des blés varie du roux au blanc, en rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture, et le climat (Calvel 1984).

Un grain de blé est formé de trois régions :(Debiton 2010)

- Les enveloppes
- L'endosperme ou albumen
- Le germe.

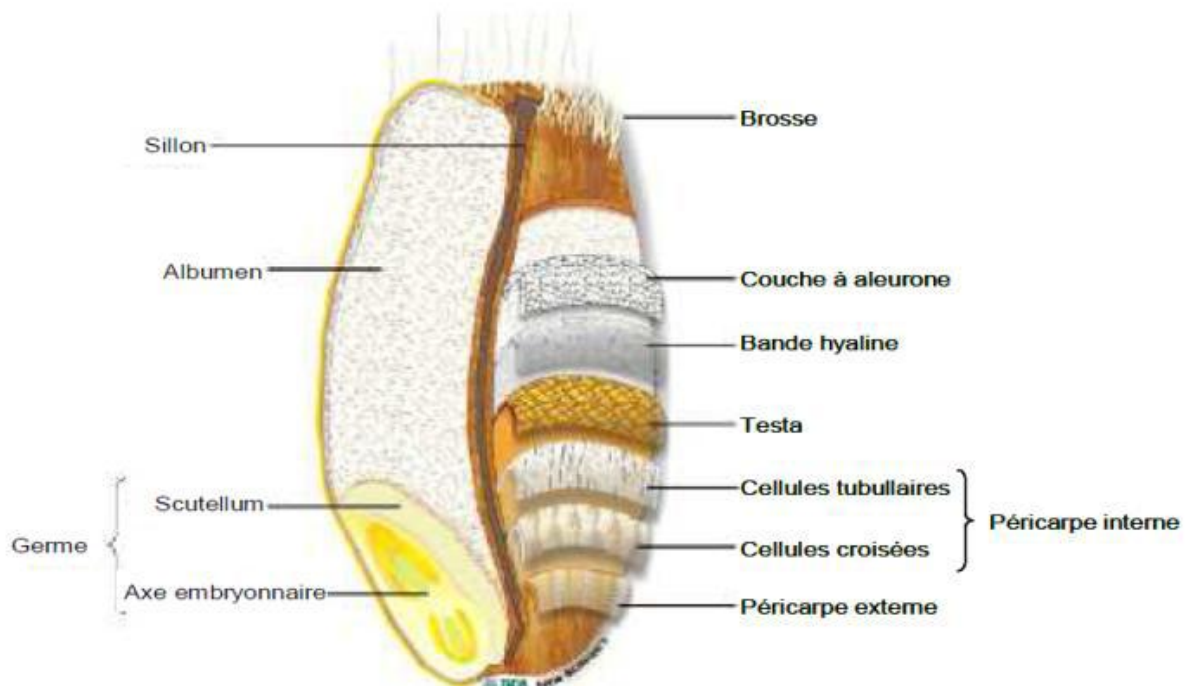


Figure 2 : Histologie de la graine de blé tendre (Surget et Barron., 2005)

2.3. Composition chimique du grain du blé

Le grain de blé mur contient de nombreuses substances telles que : les glucides, les lipides, sels minéraux, les vitamines, les enzymes et d'autres substances susceptibles de jouer un rôle dans l'alimentation humaine (Cheriet 2000). Cette composition dépend de nombreux facteurs : climat, la variété, la nature du sol et les amendements et les techniques culturales. (Selselet 1991). Les conditions climatiques et le sol influent considérablement sur la composition chimique de blé et plus particulièrement sur la teneur en protéines.

2.3.1. L'eau

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est en moyenne de 14%, il est un facteur déterminant au cours du stockage. Il est difficile de conserver des grains ayant une humidité supérieure à 17-18% ; et il est quasiment impossible au-delà de 23%. On pratique, la teneur en eau des céréales la plus favorable pour l'entreposage est de 10-15%, une humidité inférieure à 9% peut être nécessaire pour un entreposage prolongé à 20°C. L'eau conditionne la vitesse et l'intensité des réactions chimiques, enzymatiques et le développement microbien. (Bouleggie et Ouabed, 2002).

2.3.2. Les glucides

Ce sont des substances particulièrement énergétiques, sont nettement majoritaires ; plus de 60% de la matière humide ou 80% de la matière sèche (Goden et Guinet, 1994). Ils sont constitués principalement par de l'amidon contenu à 85% dans l'albumen. Un ensemble de composés glucidiques de structure est aussi présent dans le grain (2%) : la cellulose et l'hémicellulose contenus essentiellement dans les enveloppes externes. Les sucres constituent 2-3.5% du grain de blé et 1-2% de la farine, ils sont constitués de saccharose, glucose, et le raffinose. De point de vue technologique, cette fraction joue un triple rôle :

- Constitue la source d'alimentation hydrocarbonée nécessaire à la levure au cours de la fermentation ;
- Intervient par ses réactions avec les protéines dans la formation de la couleur, l'odeur et la saveur des produits cuits ;
- Joue un rôle non négligeable dans les caractéristiques mécaniques et la texture des produits cuits ; dans certains cas, elle forme presque la totalité de squelette final (feuille de gaufrette).

2.3.3. Les protides

En plus du rôle nutritionnel, les protéines jouent le rôle de charpente de la pâte, elles sont les seuls responsables à la fois de l'extensibilité, ténacité, élasticité et cohésion de la pâte. La teneur en protéine est en moyenne de 12% dans un grain de blé (Niquet et Classeron, 1989). Les différents types de protéines du blé : le gluten est le plus important de point de vue quantitatif (80-85%) des protéines totales que technologique. Les grains de blé renferment un grand nombre de protéines : des protéines de structure, protéines biologiques actives et des protéines de réserve. Ces protéines ne sont pas réparties dans le grain de blé uniformément, elles sont surtout localisées dans le germe et l'assise protéique.

2.3.4. Les lipides

Les lipides sont des constituants mineurs du blé, ils représentent de 2 à 3% du grain sec (Adrian 1987).

Riches en acides gras saturés, localisés dans le germe et les enveloppes. Ces substances influent sur la valeur boulangère des farines en exerçant une action dépressive qui modifie la cohésion physique du gluten, provoquant aussi des phénomènes de vieillissement de la farine. Sous l'action de la lipase, les Triglycérides se transforment en Acide Gras ce qui entraîne une diminution du pH ce qui va exercer une influence néfaste sur les propriétés plastiques des protéines de la farine (Grandvoininnet et Pratx, 1994).

2.3.5. Les vitamines

Surtout dans le germe, leur répartition varie selon les sols, les climats et les variétés de blé. On trouve surtout : la vitamine B1, B2, B5, PP(B3), B6 et E (Godon et Lasseron, 1989).

Les variations dues aux traitements technologiques sont beaucoup plus marquées parce que certaines vitamines sont très sensibles à la chaleur.

2.3.6. Matières minérales

Tous les éléments minéraux sont représentés dans le grain dans des proportions très différentes : 75% de K (300-600 mg/100g de matière sèche), P (200-500 U), S (100-250 U), Mg (100-150 U), Cl (50-150 U) et Ca (25-100 U). La majeure partie de P se trouve sous forme de phytate, les éléments minéraux n'existent pas à l'état libre mais à l'état combiné. Le blé peut être plus ou moins riche en minéraux selon le sol, le climat, la fumure et même l'année.

2.3.7. Les enzymes

1- Les protéases trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore élevée. L'autre agit près de l'extrémité de chaînes et libère les acides aminés libres et les peptides.

2- Les amylases sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylase et amylopectine) et de ses produits de dégradation (malt, dextrine) jusqu'au stade oligosaccharide qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation panariaire (Adrian et Pouffait, 1996).

3- La lipase qui est une enzyme lipolytique trouve son activité concentrée dans la couche aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine elle croît avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation (Potus *et al.*, 1994).

III.1. Définition

La farine de blé est le produit élaboré à partir des grains de blé ordinaires, *Triticum aestivum* L. Ou blé ramifié, *Triticum compactum* Host., ou tous mélange de ces derniers, par procédé de mouture ou de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine (CODEX STAN 1995).

III.2. Composition de la farine

III.2.1. L'eau :

La composition en eau des farines varie de 15 à 16% en fin de mouture. Cette teneur en eau conditionne la bonne conservation des farines. L'eau intervient dans le taux d'hydratation des pâtes et donc dans leurs caractéristiques rhéologiques (Godon et Loisel, 1984).

III.2.2. Matières grasse (lipides) :

Les lipides ne constituent qu'une faible partie de la farine : 1 à 2%. Elles jouent un rôle important au cours de la conservation et de l'utilisation. Au cours du stockage, les lipases entraînent la libération des acides gras. Ceux-ci participent à l'amélioration des propriétés technologiques de la farine en panification. Le pétrissage permet la formation de complexes lipides-protéines. Les qualités plastiques du gluten dans ces conditions sont renforcées et la pâte montre une plus grande tolérance aux différentes phases de la panification (Godon et Guinet, 1994).

III.2.3. Matières minérales :

Appelées aussi cendres, représente 0.45 à 0.60 % du poids de la farine. Elles sont principalement composées de potassium, Phosphore, Magnésium, soufre etc (Godon *et al.*, 1998). Les matières minérales sont actuellement utilisées comme critère de la pureté de la farine. En fonction de leur concentration dans la farine. Nous distinguerons des farines dites supérieures, panifiables ou de substitutions (Joradep 1993).

III.2.4. L'amidon

Est une macromolécule composée de l'amylose (20 à 30% et d'amylopectine (70 à 80%). L'amidon natif est localisé dans les chloroplastes, sous forme de granules sphériques lenticulaire (Morrison 1981). Durant la mouture, une partie de ces granules sont endommagés par l'action mécanique des appareils à cylindres (Willm 1995). Il en résulte, l'hydrolyse enzymatique de l'amidon avec production de sucre simple, type glucose, et fructose qui sont le substrat de la fermentation par les levures. La teneur en sucres préexistants dans la farine est généralement inférieure à 2%.

III.2-5-Les protéines

La teneur en protéines des farines de blé varie de 7 à 15% (% exprimés par rapport la matière sèche de la farine). Elle est fonction de la teneur en protéines des blés mis en mouture, de la répartition de celles-ci dans le grain et du taux d'extraction de la farine par rapport au grain (Grandvoinet et Pratz, 1994). On distingue deux types de protéines : les protéines cytoplasmiques (albumines et globulines) et les protéines de réserve (gliadines et gluténines réunies sous l'appellation prolamines). En fonction de leur solubilité dans des solvants. (Osborne 1907) classe les protéines du blé en plusieurs groupes :

III.2.5.1. Les albumines (9 à 13% des protéines totales) sont solubles dans l'eau.

III.2.5.2. Les globulines (6 à 8% des protéines totales) solubles dans les solutions salines (9% NaCl).

III.2.5.3. Les gliadines (30 à 40% des protéines) solubles dans les solutions aqueuses à teneur élevée en éthanol (60 à 70%).

III.2.5.4. Les gluténines (40 à 50% des protéines) solubles dans les solutions aqueuses d'acide acétique ou alcalines diluées.

Après hydratation de la farine, Les gliadines et les gluténines forment le réseau de gluten dont le comportement affecte considérablement les propriétés rhéologiques de la pâte (Blokma et Bushuk, 1988).

III.2.6. Les vitamines

Une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain. Par contre, ce taux variera dans la farine en fonction de son taux d'extraction. A titre d'exemple, pour un taux de 75 à 80 %. La farine contiendra environ 20 % vitamine (B6), 25 % de biotine, 30 % d'acide nicotinique (B1), 55 % de l'acide pantothénique (B12) et 70 % de la vitamine E (Bornet 1992).

III.2.7. Les enzymes

Les enzymes sont présentes en petites quantités dans la farine. Les plus courantes sont Les protéases, les lipases, les lipoïdoses, les amylases, les peroxydases et les catalases (Cheftel 1977).

III.2.7.1. Les protéases : Enzymes agissant sur la structure des protéines (Lahbabi *et al.*, 2004), leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable (Grandvionnet et Praix, 1994).

III.2.7.2. Les lipases : Les lipases détruisent les caroténoïdes entraînant une décoloration de la mie du pain qui devient blanche (Cheriet 2000).

III.2.7.3. Les lipoxydases : Les lipoxydases agissent sur les caroténoïdes par une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche (Cheriet 2000).

III.2.7.4. Les amylases : Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation panair sont les β -amylases et les α amylases. La présence de la β -amylase étant généralement constante et suffisante seule l'action de α -amylase qui a besoin d'être contrôlé soigneusement (Feillet 2000).

III.3. Classification commerciale des farines

III.3.1. Les farines blanches

III.3.1.1. La farine ordinaire ou « ménagère »

C'est une farine constituée d'un mélange de différentes variétés de blés tendre ou de blés durs. Les farines de blé tendre seront essentiellement utilisées pour la fabrication du pain alors que les farines de blé dur serviront à la fabrication de pâtisseries ou de gâteaux (Fredot 2005).

III.3.1.2. La farine non blanchie

C'est une farine issue de l'agriculture biologique qui n'a pas subi de blanchiment artificiel. Son goût est par conséquent plus naturel du fait qu'aucun additif ne lui a été ajouté (Fredot 2005).

III.3.1.3. La farine à gâteaux

C'est une farine blanche constituée exclusivement de blé tendre moulu très finement. Elle est plus riche en amidon mais contient moins de protéines. On obtiendra ainsi des gâteaux légers mais elle ne pourra pas être utilisée pour la panification (Fredot 2005).

III.3.1.4. La farine pâtissière

Elle est essentiellement constituée de blé tendre mais peut parfois contenir du blé dur. Sa teneur en gluten est faible et elle est moins fine que la farine à gâteaux. Elle est ainsi utilisée pour réaliser des pâtisseries, des biscuits, et elle peut subir la panification (Fredot 2005).

III.3.2. Les farine complètes, semi complètes et intégrales

Elles permettent de fabriquer respectivement du pain complet, du pain bis et de pains intégraux. (Fredot 2012).

III.3.3. Les farines destinées aux professionnels

III.3.3.1. La farine de force

Comme son nom l'indique, la force boulangère (élasticité) de cette farine est très élevée. Elle est utilisée par les professionnels en viennoiserie et en panification dans des conditions difficiles telle que la pousse contrôlée qui permet de différer la cuisson des produits sur des durées de 12 à 48 heures en maîtrisant la fermentation des pâtons (Fredot 2012).

III.3.3.2. La farine pour biscuiterie

C'est une farine qui possède une faible force boulangère nécessaire dans l'industrie de la biscuiterie (Fredot 2012).

III.3.3.3. La farine de Gruau

C'est une farine de très haute valeur biologique de types 45 ou 55. Elle est utilisée pour la fabrication des pains de gruau et pour les pâtes riches telles que brioches (Fredot 2012).

III.3.3.4. La farine de boulangerie ou la farine à pain

Elle est constituée d'un mélange de blés tendres et présente une teneur en gluten élevée ce qui la rend particulièrement panifiable. Elle est généralement de types 55 ou 65 (Fredot 2012).

III.4. Qualité réglementaire de la farine de blé

III.4.1. Facteurs de qualité – critères généraux

La farine de blé et tous ingrédients lui étant éventuellement ajoutés doivent être sains et propres à la consommation humaine (Codex Stan 1985)

- La farine de blé doit être exempte d'odeurs et de goûts anormaux ainsi que d'insectes vivants.

- La farine de blé doit être exempte de souillures (impuretés d'origine animale, y compris les insectes morts) en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé.

III.4.2. Facteurs de qualité – critères spécifiques

III.4.2.1. Teneur en eau 15,5 % m/m maximum

Une teneur moindre en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage. Les gouvernements acceptant la norme sont priés d'indiquer et de justifier les critères applicables dans leur pays (Codex Stan 1985).

III.4.2.2. Ingrédients facultatifs

Les ingrédients suivants peuvent être ajoutés à la farine de blé en des quantités nécessaires à des fins technologiques:

- Produits à base de malt à activité enzymatique obtenus à partir du blé, du seigle ou d'orge;
- gluten vital de blé;
- farine de soja et de légumineuse

III.4.3. CONTAMINANTS

III.4.3.1. Métaux lourds

La farine de blé doit être exempte de métaux lourds en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine (Codex Stan 1985).

III.4.3.2. Résidus de pesticides

La farine de blé doit être conforme aux limites maximales de résidus fixées par la Commission du Codex Alimentarius pour ce produit (Codex Stan 1985).

III.4.3.3. Mycotoxines

La farine de blé doit être conforme aux limites maximales de mycotoxines fixées par la Commission du Codex Alimentarius pour ce produit (Codex Stan 1985)

III.4.4. HYGIÈNE

La farine doit être exempte de matière indésirable comme :

- les microorganismes en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé;
- les parasites susceptibles de présenter un risque pour la santé;
- les toxi-infections et les mycotoxines en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé de l'homme et de l'animal.

III.4.5. Conditionnement

La farine doit être emballée dans des récipients préservant les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit.

Les récipients, y compris les matériaux d'emballage, doivent être fabriqués avec des matériaux sans danger et convenant à l'usage auquel ils sont destinés. Ils ne doivent transmettre au produit aucune substance toxique, ni aucune odeur ou saveur indésirable.

Lorsque le produit est emballé dans des sacs, ceux-ci doivent être propres, robustes et solidement cousus ou scellés (Codex Stan 1985).

IV.1. Processus générale de la panification

La panification est l'ensemble des opérations, qui constituent la fabrication du pain. Elle se fait essentiellement à base de matières premières suivantes : farine de blé, eau, sel et parfois ajout d'additifs alimentaires. Ils sont principalement destinés à améliorer les propriétés rhéologiques (ténacité, extensibilité, élasticité), structurales (microalvéoles) et fermentaires des pâtes.

IV.1.1. Le pétrissage

Le pétrissage consiste à appliquer une force mécanique afin d'assurer l'homogénéisation des différents ingrédients (Peighambardoust *et al.*, 2010).

Le pétrissage se compose de deux phases : le frasage et le pétrissage en tant que tel. Ces deux phases sont effectuées dans le pétrin, l'une à la suite de l'autre.

Le frasage s'effectue à vitesse lente afin de mélanger les ingrédients et d'hydrater la farine. Ce procédé incorpore l'eau au gluten de l'amidon de la farine. Les particules de gluten gonflent et forment un réseau semblable à un échafaudage.

Le pétrissage se réalise à vitesse plus rapide (environ deux fois plus vite que celle du frasage).

Ce traitement consiste à développer le réseau glutineux (Alvarado 2014).



Figure 3 : Le pétrissage (www.espace-pain-info.com)

IV.1.2. Pointage

On laisse reposer la pâte dans une cuve ou pétrin à 20-25 C° pour permettre l'activité de la levure. Celle-ci va donc réaliser la fermentation alcoolique en utilisant les oses résiduels de la farine (provenant de la dégradation de l'amidon par les amylases).

Plus la farine a un taux d'extraction élevé et plus les glucides sont en quantité importante. Il y a donc production de CO₂ qui permet un début de levée de la pâte qu'il devient alors tenace et plus élastique. De plus, le gluten forme un réseau empêchant le dioxyde de carbone de s'échapper de la pâte.

Le pointage est aussi une étape importante dans la formation de la flaveur du pain (odeur et saveur). En effet, il y a formation d'acide propionique, d'acide pyruvique, d'aldéhydes et de cétones aromatisants ainsi que de faible quantité d'acide acétique et d'acide lactique qui sont aussi exhausteurs d'arômes (Fredot 2005).



Figure 4: Le pointage (Touyarou 2012)

IV.1.3. Division

Ils sont de poids identiques et cette étape se réalise grâce à une peseuse-diviseuse.

Remarque : la pâte doit ensuite être « détendu » quelques instants car cette opération étant mécanique, cela lui enlève un peu de sa souplesse (Fredot 2005).

IV.1.4. Façonnage

Il consiste à donner à chacun des pâtons sa forme voulue selon le type de pain désiré (baguette, épi, boule, couronne ...).

Il se pratique grâce à une « façonneuse ».

Pendant cette étape, il y a encore production de sucres fermentescibles (glucose+ maltose) toujours grâce à l'action des amylases sur l'amidon qui subiront la deuxième fermentation (Fredot 2005).



Figure 5 : Le façonnage (Touyarou 2012)

IV.1.5. L'apprêt

L'apprêt est la deuxième étape de fermentation appliquée aux pâtons boulés. (Landraf 2002).

Elle se fait aussi dans une enceinte thermostatée (20-25)

La levure utilise encore les sucres fermentescibles pour produire du CO_2 en grande quantité. Retenu par le film élastique et continu du réseau de gluten, ce CO_2 ouvre alors une multitude de petites alvéoles qui font de plus en plus gonfler la pâte. Plus le taux d'extraction de la farine est faible et plus le réseau de gluten se distend sous la poussée du CO_2 .

Le volume de chaque pâton est ainsi triplé et il y a là encore production de nombreux arômes (Fredot 2005).



Figure 6: L'apprêt (www.espace-pain-info.com)

IV.1.6. Incision superficielle des pâtons

Des petits coups de lame sont donnés sur la partie supérieure des pâtons ce qui forme des incisions. Elles ont pour but d'éviter les déchirures peu esthétiques de la croûte sous la très forte poussée du CO₂ et sous l'action de la chaleur lors de la cuisson.

Elles permettent aussi d'obtenir de belles arêtes appelées grignes dorées et croustillantes qui sont un élément important du « bon pain » (Fredot 2005).



Figure 7 : Incision superficielle des pâtons (www.espace-pain-info.com)

IV.1.7. La cuisson

La cuisson du pain est réalisée à environ 250°C. Le four doit être préchauffé car une certaine quantité de chaleur est perdue à l'introduction des pâtons. La cuisson dure typiquement entre 40 et 60 minutes, selon la taille des pains à cuire (Alvarado 2014).

La cuisson a pour but essentiel de gélatiniser l'amidon et de coaguler les protéines afin d'accroître leur digestibilité. Elle permet en plus d'assurer une durée de conservation convenable au produit par destruction des enzymes et des microorganismes (Potus et Drapron, 1990).



Figure 8 : La cuisson (www.espace-pain-info.com)

IV.2. Définition du pain

Le pain est un aliment obtenu par cuisson au four d'une pâte pétrie, mise en forme et fermentée, composée essentiellement de farine (blé ou seigle), d'eau, de sel et d'un agent de fermentation (levure ou levain) (Roussel *et al.*, 2010).

IV.3. Les différents types de pains commercialisés

Il existe une très grande variété de pains qui se différencient par leurs recettes de fabrication mais également leurs formes (baguette, boule, épi, fougasse...) (Cabrol 2006).

IV.3.1. Le pain de tradition française

Est fabriqué à partir d'un mélange de farine de blé, d'eau potable, de sel de cuisine, de levure ou levain et contient éventuellement une très faible quantité de farine de fève, de soja, de malt de blé, d'amylases fongiques et de gluten (Cabrol 2006).



Figure 9 : Le pain de tradition française (www.observatoiredupain.fr)

IV.3.2. Pain de campagne

Il est à base de farine blanche ou bise (= farine blanche+ son), avec addition ou non de farine de seigle. (Important pain) sa fabrication doit être conduite de façon à développer une saveur légèrement acidulée et à obtenir une plus longue conservation (Cabrol 2006).



Figure 10 : Pain de campagne (www.espace-pain-info.com)

IV.3.3. Le pain complet

Est préparé avec de la farine complète ou intégrale issue du grain de blé entier, y compris le germe et l'enveloppe (farine de type 150) (Cabrol 2006).

Sa teneur plus élevée en fibres (environ 7 %) confère à ce pain un risque plus faible de constipation et de troubles intestinaux. (Fredot 2005).



Figure 11: Pain complet (www.espace-pain-info.com)

IV.3.4. Pain bio

Il est fabriqué à partir de blé non traité.

Les grains sont écrasés à la meule : la farine sera donc riche en vitamines, son et sels minéraux. Il est fabriqué avec du levain et soumis aux normes régissant l'agriculture biologique (AB). (Fredot 2005).



Figure 12: Pain bio (www.observatoiredupain.fr)

IV.3.5. Le pain bis

Le pain bis est préparé avec une farine de blé de types 80 ou 110, dite bise (Cabrol 2006).

IV.3.6. Le pain au levain

Doit être préparé à partir d'un levain défini comme une pâte composée de farine de blé ou de seigle, éventuellement additionnée de sel, et soumise à une fermentation naturelle.

(Cabrol 2006)



Figure 13 : Le pain au levain (www.observatoiredupain.fr)

IV.3.7. Pains spéciaux

- **Pain de mie**

Il est enrichi en sucre et en matières grasses et cuit dans un moule. Sa valeur nutritionnelle est la suivante : protéines 8 %, glucides 50 %, lipides 4 %.) (Fredot 2005).

- **Pain viennois**

C'est un pain de mie avec en plus du lait et des extraits de malt (Fredot 2005).

- **Pain brioché**

Il est enrichi en sucre, matières grasses et œufs. (Fredot 2005).

IV.3.8. Pain au seigle

Il doit contenir au moins 10 % de farine de seigle complété par de la farine de blé. (Fredot 2005).



Figure 14 : Pain au seigle (www.espace-pain-info.com)

IV.3.9. Pains fantaisie

- **Pain sportif**

Il est fabriqué avec de la farine de blé, de seigle, de soja ou de coton. Il peut être enrichi en germes de blé, fruits secs, son, graines de courge (Fredot 2005).

- **Autres pain**

Au muesli (mélange de céréales et de fruits secs) (Fredot 2005).

1. Matériel végétal

1.1. *Pulicaria odora*

La matière végétale utilisée pour l'extraction des fibres alimentaires provient des feuilles de *Pulicaria odora*, récoltées à Maâtkas dans la wilaya de Tizi Ouzou durant la période de printemps sur une période de Avril jusqu'au mois de Mai 2017. La récolte a eu lieu à une altitude de 700 m (figure 15 et 16).



Figure 15 : *Pulicaria odora* (Touati *et al*, 2014)



Figure 16 : Feuille de *Pulicaria odora*

Matériels et Méthodes

1.1.1. Lavage et égouttage

Les feuilles ont été lavées dans des bacs avec de l'eau potable renouvelée à chaque fois pour éliminer toutes les poussières et les impuretés. Egouttage sur des tamis pendant 30 minutes à la température ordinaire.

1.1.2. Le séchage

Les feuilles ont été étalées sur un tissu et exposées au soleil. La durée de séchage par temps ensoleillé est d'environ 5 heures. Le produit final est jugé bien sec lorsque les feuilles deviennent friables (figure 17)



Figure 17: Feuilles séchées de *Pulicaria odora*

1.1.3. La mise en poudre

Les feuilles de *Pulicaria odora* ont été pliées et broyées dans un mortier en bois. Le produit obtenu est ensuite repris dans un broyeur à café pour réduire les feuilles en une poudre de 250µm de diamètre (figure 18).



Figure 18: la mouture des feuilles de *Pulicaria odora*

1.1.4. Tamisage

La poudre a été tamisée dans un tamis de 250 μ m de diamètre.



Figure 19: Poudre de *Pulicaria odora*

1.2. La farine

Pour les essais de panification, nous avons utilisé de la farine de blé tendre type 55, fournie gratuitement par la minoterie LE SEUMEUR EURL, située à **THALA ATHMANE-TIZI OUZOU**. Sous le nom de farine « **Alice** », conditionnée dans des sacs en papier de 5 kg.

Matériels et Méthodes

1.3. La levure

La levure boulangère utilisée comme l'agent levant de la pâte est *Saccharomyces cerevisiae*, conditionnée en paquet de 500g, de la marque **VECTORIA**.

1.4. Le sel

Le sel utilisé dans ce travail, est un sel fin ordinaire de cuisine, iodé, de la marque **CHEMSI**, conditionné dans des sacs de 1kg.

1.5. L'eau

L'eau pour la formulation des pâtes est une eau de robinet.

1.6. Composition du mélange farine et poudre

Tableau 4: Les concentrations en poudre de *Pulicaria odora* dans la farine

Echantillons	Farine (%)	<i>Pulicaria odora</i> (%)	Total (%)
F1	100	0	100
F2	100	5	105
F3	100	10	110
F4	100	15	115

2-Suivi de la fermentation

Dans un récipient, mélange de la farine, du sel, de la levure et de la poudre de *Pulicaria odora* et d'une quantité suffisante en eau potable. Pétrissage manuel de la pâte pendant 10 minutes (Tableau 5).

Matériels et Méthodes

Tableau 5: les ingrédients nécessaire pour la préparation des pâtons

Ingrédient (g) Pate	La poudre de <i>Pulicaria</i> <i>odora</i> (%)	La farine	Le sel	La levure	L'eau
1 ^{ère} pâte	0 %	30 g	0.6g	0.15g	18g
2 ^{ème} pâte	5% → 1.5g	30 g	0.6g	0.15g	19.8g
3 ^{ème} pâte	10% → 3g	30 g	0.6g	0.15g	21.78g
4 ^{ème} pâte	15% → 4.5g	30 g	0.6g	0.15g	23.8g

2.1. Mesure du gonflement des pâtons

La méthode consiste à placer une quantité de pâte dans un bécher à l'intérieur d'une étuve réglée à 35°C, le bécher est coiffée d'un couvercle qui permet de faciliter la lecture de la hauteur de la pâte levée.

Suivi de la levée de la pâte pendant 60 minutes avec un intervalle de lecture de 10 minutes.

3. Panification :

La panification a été réalisée au niveau de la boulangerie artisanale sise au Boulevard Amyoud « Tizi Ouzou », selon le protocole AFNOR (2002). Les différentes étapes sont comme suit :

3.1. Pétrissage : Le pétrissage a été réalisé avec un pétrin de marque ROBUSTE (1000 watt) de 2.2kg. Introduction des ingrédients secs et de l'eau dans pétrin. Frassage pendant 3 min. Pétrissage pendant 25 minutes et à la fin ajout de la poudre de *Pulicaria*. Arrêt du pétrissage après obtention d'une pâte souple (environ de 5-10 min).

3.2. Le pointage : La pâte en masse est laissée au repos pendant 20 minutes à température du laboratoire.

Matériels et Méthodes

3.3. La division : consiste en la préparation de pâton de poids égal.

3.4. Le façonnage : les pâtons sont étirés pour leur donner leur forme finale à savoir la forme baguette.

3.5. L'apprêt : Consiste en une deuxième fermentation des pâtons pendant 1h 30 minutes dans une atmosphère saturée en eau.

3.6. La grigne et la mise au four : Les pains sont ensuite fendus profondément avec une lame afin de favoriser le gonflement du pâton.

3.7. La cuisson : La cuisson est faite dans un four à vapeur à température 240- 250 C° pendant 21-22 minutes.

4. Qualité des pains

4.1. Poids

Le poids de chacun des pains a été déterminé sur une balance à 0.1 g près.

4.2. Volume

Le volume est déterminé par le déplacement des grains de millet dans une boîte à pain.

4.2.1. Mode opératoire

Le volume est déterminé par la méthode de déplacement des grains de millet. On remplit avec les grains de millet un récipient plus grand que le pain, puis on les verse dans une éprouvette ou on lit le volume.

La mesure consiste à vider à moitié le récipient de son contenu en grains, ensuite y placer le pain et enfin couvrir l'échantillon avec le reste de grains. Après arasement de la surface du récipient à l'aide d'une règle plate. Les grains en excès sont récupérés.

Matériels et Méthodes

Leur volume correspond à celui des pains. Le volume spécifique des pains exprimé en cm³/g est le quotient du volume du pain par masse.

$$V_{sp}=V/M$$

V_{sp} : le volume spécifique du pain

V : volume des grains de millet en excès

M : masse du pain

4.3. Densité du pain

C'est le rapport entre le poids de pain après ressuage et son volume (Balla *et al.*, 1999)

4.4. Epaisseur de la croûte

Le pain est découpé en de fines couches de 1cm d'épaisseur par un couteau.

La mie est retirée à l'aide d'un couteau, les épaisseurs de la croûte inférieure, supérieure et des croûtes latérales sont mesurées.

L'épaisseur moyenne de la croûte est la moyenne de toutes ces valeurs.

$$\text{Epaisseur de la croûte} = \frac{\text{épaisseur de la croûte supérieur} + \text{inférieur} + \text{latérales}}{4}$$

5. Qualité de la mie

5.1. Capacité de rétention d'eau de la mie

La capacité de rétention d'eau est déterminée selon la méthode de (Chan *et al.*, 1997) et est quantifiée par le pourcentage de rétention d'eau de l'échantillon. Il est exprimé en gramme d'eau par gramme d'échantillon.

Matériels et Méthodes

Pour le déterminer l'échantillon d'abord hydraté avec de l'eau distillé selon un rapport de 1/10 (p/p) et il est agité pendant 30 minutes à une température ambiante.

Dans une centrifugeuse l'échantillon est centrifugé à 2500 rpm pendant 20 minutes à 25C° puis en détermine le poids de surnagent, la différence représente le pourcentage (%) d'eau absorbé par l'échantillon.

5.2. Analyse de la mie par imagerie

L'analyse d'images est considérée comme la méthode la plus objective pour quantifier les caractéristiques de la mie de pain telles que la taille, distribution et la forme des alvéoles.

5.2.1. Mode opératoire

Après 1 h de ressuage des produits de cuisson, des tranches de mie sont découpées. Les échantillons d'épaisseurs équivalentes (~ 1cm) sont prélevés au centre du produit. La prise d'image se fait avec un scanner à plat (EPSON PERFECTION V300 PHOTO) recouvert d'une boîte noire pour éviter l'influence de la lumière environnante et obtenir un bon contraste entre le fond noir et les tranches claires. Pour minimiser les variations lors de la prise d'image, le positionnement des tranches de mie sur la face du scanner se fait toujours au centre. Les images sont scannées avec une résolution de 150 et 600.dpi respectivement pour les campagnes de cuisson de l'étude préliminaire et de la suite de l'étude. Ils sont enregistrés en format TIFF non compressé.

5.3. Analyse sensorielle :

La qualité organoleptique est un facteur d'acceptabilité des produits par le consommateur sans passer par les analyses physiques ou chimiques, elle est surtout appréciée par les organes de sens. La couleur, l'odeur et le goût sont des facteurs de l'appétence de l'aliment.

Matériels et Méthodes

Certaines précautions s'avèrent nécessaires avant d'entamer le test de la qualité organoleptique.

➤ **Conditions de réalisation du test**

La salle de dégustation doit avoir un accès facile, éloigné du bruit, un éclairage suffisant et une température convenable.

Cette analyse a été réalisée au niveau de laboratoire du département des sciences agronomiques à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

➤ **Jury**

L'évaluation repose sur un jury auquel on demande de se prononcer sur les caractéristiques organoleptiques suivantes : le goût, la couleur et l'odeur de produit. Les membres de jury ne doivent pas fumer avant et pendant la dégustation, ils ne doivent surtout pas avoir faim, ni soif, ni être malade, ni consommer des aliments à parfum fort (café).

➤ **Principe du test**

Le test que nous avons effectué est basé sur un certain nombre de remarques notées sur une fiche dégustation (annexe1) avec une échelle de 5 proposée au jury composé de dix personnes, il s'agit de présenter aux dégustateurs les quatre pains préparé. Chaque échantillon des différents pains est présenté dans une assiette puis on demande à chaque membre de jury d'effectuer une appréciation organoleptique portant sur la dégustation, Le pain a été présenté entier pour noter l'apparence extérieure : l'aspect général et le volume et en tranche (texture, description des alvéoles et les critères gustatifs). Les descripteurs ont été choisis selon les critères de (Berthelot, 1990).

Résultats et discussions

3.1. Suivi de la fermentation

La mesure de gonflement des pâtons est l'un des paramètres les plus pris en compte pour étudier le suivi de la fermentation de la pâte et renseigne sur l'optimum de volume que la pâte peut atteindre. Les résultats du suivi de la fermentation des pâtons en fonction du temps sont résumés dans la figure (20).

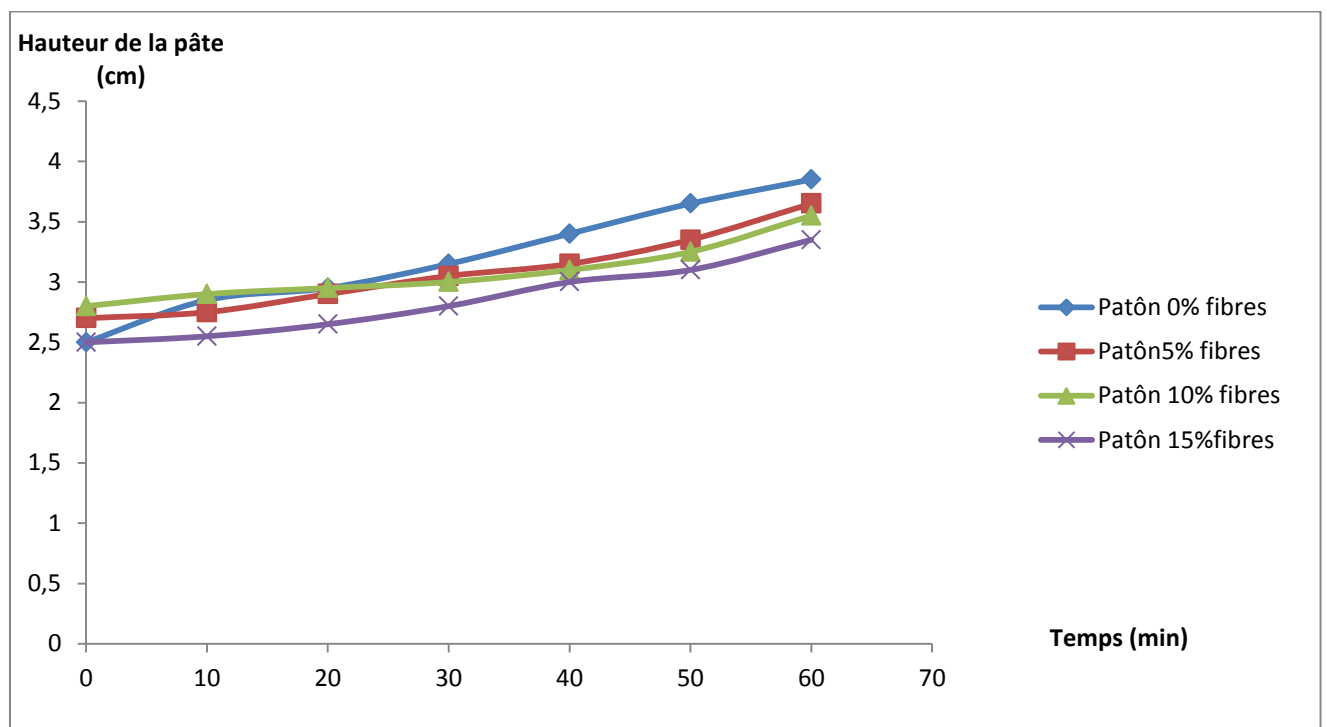


Figure 20 : Evolution de la hauteur des pâtes en fonction de temps

D'après la courbe d'évolution de la hauteur des pâtes on remarque que le gonflement des pâtes est faible de 0 à 30 minutes (phase 1), c'est le temps d'adaptation des levures à leur environnement et la mise en route des systèmes enzymatiques spécialisés dans la transformation des sucres en gaz carbonique, alcool et acides organiques.

De 30 à 60 min, le gonflement des pâtes augmente plus que la phase 1. Cependant, les pâtes sans fibres, après 60 min, atteignent une hauteur de 3.85 cm, à l'opposé des pâtes enrichies en fibres. D'après les résultats on remarque que la hauteur de gonflement des pâtes après 60

Résultats et discussions

minute diminue avec l'augmentation de pourcentage des fibres ajouté cela est dû à l'effet des fibres sur la pâte.

Le gonflement de la pâte débute sous l'action de la levure. A partir des glucides libres ou libérés par des amylases de la farine, la levure produise de CO₂, l'éthanol et différents acides organique (Roussel *et al.*, 2005). Un autre élément est responsable de ce gonflement, le gluten de la farine. Les molécules du gluten assemblées forment un réseau élastique dans la pâte qui emprisonne les gaz produit par la levure lors de la fermentation et la pâte gonfle.

En effet la diminution de la hauteur de gonflement des pâtes enrichis en fibre est due à la capacité de fixation d'eau des fibres et leur aptitude à réagir avec d'autres constituants de la pâte en particulier les protéines par la formation d'un réseau empêchant l'agrégation de gluten (Feillet 2000).

3.2. Qualité des pains

3.2.1. Le poids

Le poids de pain est étroitement lié aux conditions de développement du pain. Les résultats de poids des pains préparés sont indiqués dans le tableau (6).

Tableau 6 : le poids des pains préparés

Teneur en poudre	0%	5%	10%	15%
Poids (g)	236.8	254	242.7	225

Résultats et discussions

Nous remarquons que le poids des pains diminue au fur et à mesure de l'addition de la poudre de *Pulacaria odora*. Cette diminution proviendrait de l'évaporation d'une grande quantité de l'eau fixée par la poudre.

3.2.3. Le volume

Tableau 7 : Volume des pains préparés

Dosage en fibre	0%	5%	10%	15%
Volume cm ³	1450	1100	930	750

Le Tableau 7 représente le volume des pains préparées, on remarque que le poids des pains diminue au fur à mesure qu'on augmentant le pourcentage des fibres.

Il est habituellement admis que l'addition de son dans la panification se répercute négativement sur la qualité boulangère. Ces résultats corroborent ceux de la littérature. Les particules de son absorberaient plus d'eau et rentreraient donc en compétition avec les protéines de réserves. L'indisponibilité de quantité suffisante en eau dans la farine, pénalise l'hydratation suffisante de ces protéines et entraîne la formation d'un réseau de gluten peu élastique et très tenace (Lai *et al.*, 1989).

3.2.3.1. Le volume spécifique

Les résultats du volume spécifique des pains après l'ajout de la poudre de *Pulicaria* sont dans le tableau (8) et illustrés par la figure (21). On constate que le volume spécifique des pains diminue on augmentant le pourcentage des fibres. Selon Feillet (2000) les fibres solubles (les pentosanes) agissent par leur capacité de fixation d'eau, et leur aptitude à réagir avec d'autres constituants de la pâte en particulier les protéines (gluten).

Résultats et discussions

L'ajout de la poudre de fibres pour la farine entraîne la diminution d'une quantité d'eau, ce qui rend le gluten insuffisamment hydraté pour se développer de façon optimale et donc sur l'expansion de la pâte.

Tableau 8: le volume spécifique des différents pains

Teneur en poudre	0%	5%	10%	15%
Volume spécifique (Cm ³ /g)	5.49	4.33	3.83	3.33

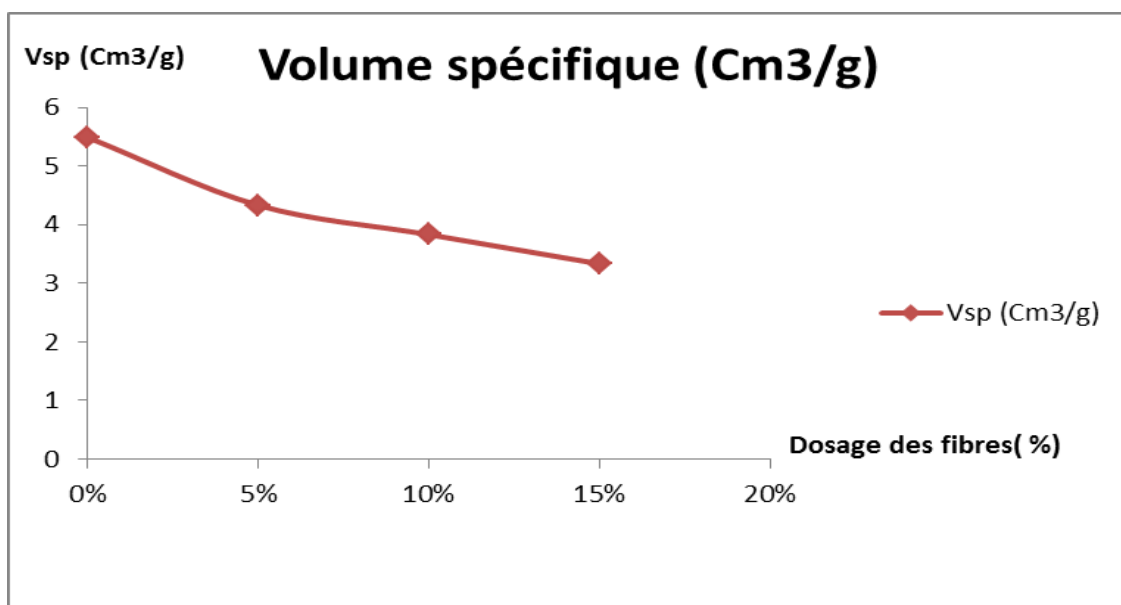


Figure 21: Variation de volume des pains enrichis en fibres en fonction des pourcentages des fibres alimentaires

Résultats et discussions

3.2.4. La densité

La densité est influencée par le taux d'incorporation de la poudre des fibres (figure 22)

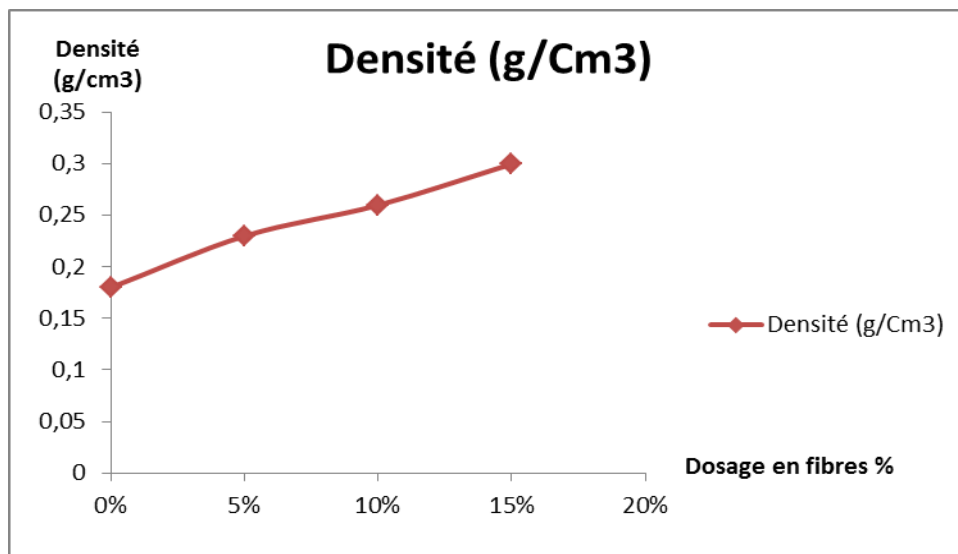


Figure 22: Variation de la densité des pains enrichis en fibres en fonction des pourcentages des fibres alimentaires

En effet, nous observons un effet positif de la concentration en poudre sur la densité des pains. Selon Noort *et al* (2010) les mécanismes de densification des pains enrichi en fibre font appel tant aux propriétés d'hydratation des fibres qu'à leur impact direct sur le réseau du gluten, voire à leur effet déstabilisant aux interfaces des alvéoles gazeuses de la pâte.

3. 2.5. Epaisseur de la croûte

La croûte joue un rôle essentiel dans les caractéristiques organoleptique du pain. Elle est souvent déterminante dans la décision d'achat par le consommateur. D'un point de vu mécanique, la croûte est l'enveloppe d'un pain qui s'en détache lors d'un tranchage ou d'un choc. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau (8).

Tableau 9: Epaisseurs de la croûte des pains

Teneur en poudre	0%	5%	10%	15%
Epaisseur de la croûte	0.15	0.16	0.12	0.14

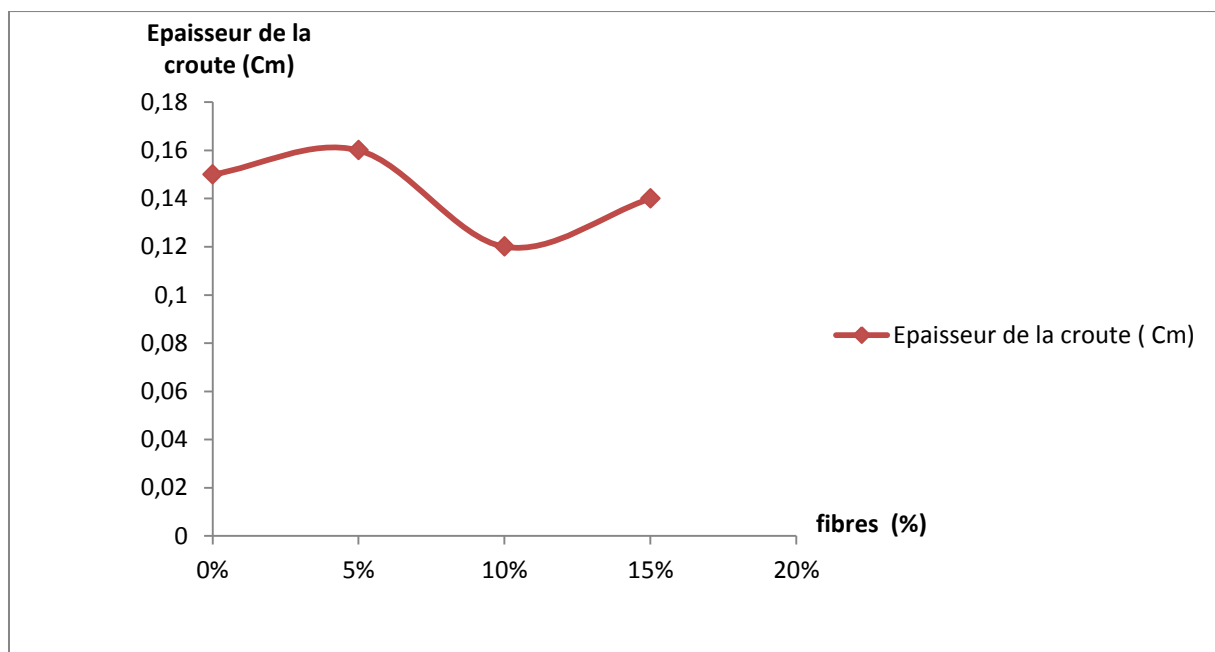


Figure 23: variation de l'épaisseur de la croûte

On remarque que l'épaisseur de la croûte varie de 0.12 cm à 0.16 cm. D'après Réguerre *et al* (2005) l'épaisseur de la croûte peut être variable mais elle n'excède pas une limite d'environ 1cm.

3.3. Qualité de la mie

3.3.1. Capacité de rétention d'eau

La figure (24) présente la capacité de rétention d'eau de la mie des pains sans fibres et des pains enrichis en fibres.

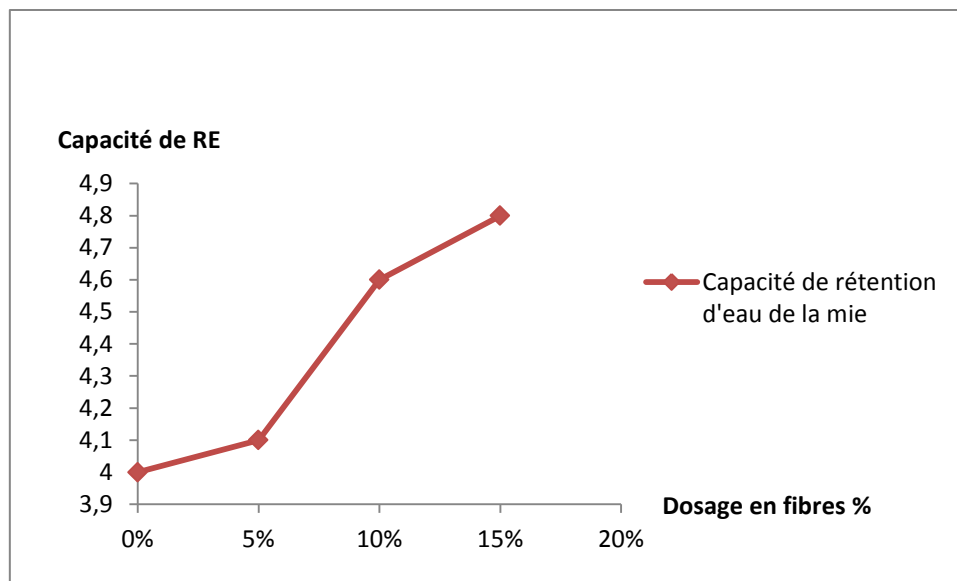


Figure 24: capacité de rétention d'eau de la mie

La mie des pains fabriqués avec des farines contenant de faibles quantités de fibres absorbent moins d'eau (4% et 4.1%) alors que les pains enrichis avec 10% et 15% de fibres absorbent plus d'eau (4,6% et 4.8%). Selon Autio et Laurikainen (1997) la proportion de fibres solubles et insolubles influencerait le taux d'absorption d'eau. L'ajout d'une plus grande proportion de fibres solubles augmenterait la vitesse d'absorption d'eau et le contraire surviendrait lorsque plus de fibres insolubles seraient ajoutées (Haseborg et Himmelstein., 1988).

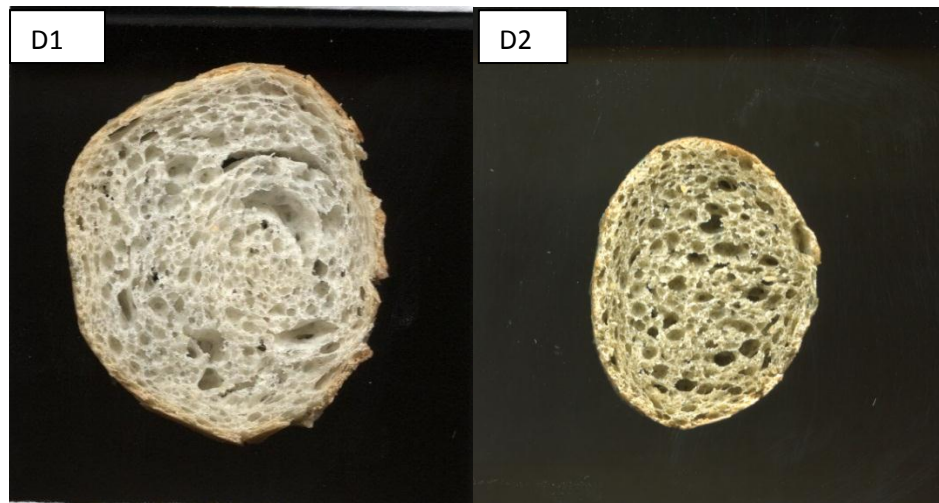
3.3.2. Analyse de la mie par imagerie

D'après les résultats des mies des pains donnés dans la figure (25), illustrés par les photos de 1à 3. Nous observons que les mies des pains contenant 15% de poudre de *Pulacria* ont un nombre en alvéoles plus élevés que ceux des mies des pains à 10% et à 5% respectivement. Quant à leurs surfaces, nous trouvons la distribution suivante 5% ,15% et 10%.

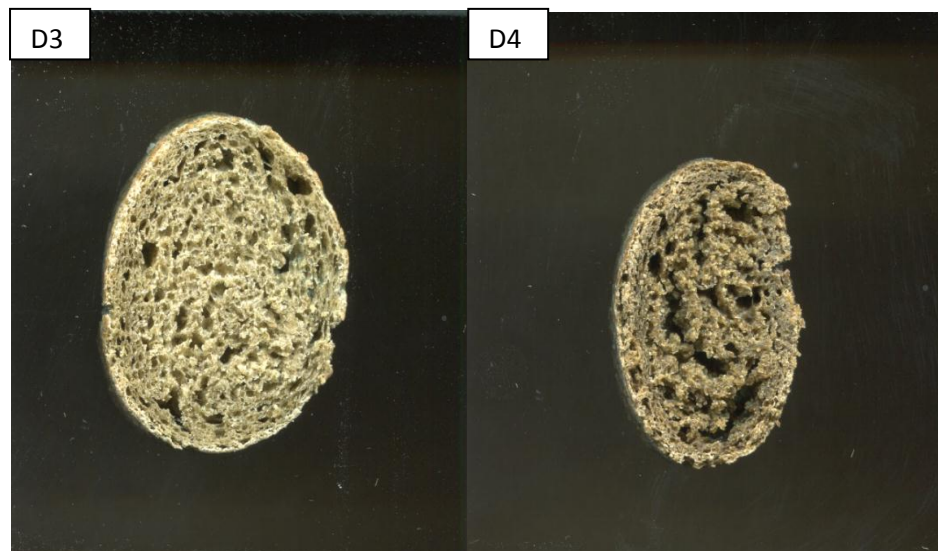
Le nombre d'alvéoles par centimètre carrée appelée aussi densité de la mie varié de 0.14 à 4.62 (alvéoles/cm²). Les pains avec 10% de poudre ont la densité la plus élevée.

Résultats et discussions

L'addition des fibres ne modifie pas les transitions thermiques de l'amidon (gélatinisation-fusion) ; lors de la cuisson des fibres insolubles semblent favoriser le départ d'eau de la croûte et limitent le gonflement de l'amidon ou la réticulation du gluten dans la mie. Les pains enrichis en fibres ont une structure alvéolaire plus homogène, des parois d'alvéoles plus nettes. La densité de la mie des pains enrichis en fibres est plus élevée. Les fibres solubles pourraient avoir un rôle de stabilisation des alvéoles gazeuses en augmentant la viscosité de la phase aqueuse de la pâte d'une part, et en accroissant la force mécanique du film liquide interfacial d'autre part (Gan *et al.*, 1995). Ceci favoriserait l'expansion des alvéoles en réduisant le risque de rupture du film. Les fibres insolubles déstabiliseraient la structure de la pâte. Pendant la fermentation, elles peuvent former des intrusions dans les cellules gazeuses et déstabiliser la phase liquide aux interfaces avec les bulles. Ils peuvent aussi absorber une grande quantité d'eau, qui devient indisponible pour la formation du film interfacial (Courtin et Delcour., 2002) (Courtin *et al.*, 1999).



Photos 1: Mie pain 0% poudre *Pulacria* **Photos 2:** Mie pain 5% poudre *Pulacria*



Photos 3: Mie pain 10% poudre *Pulacria* **Photo 4 :** Mie pain 15% poudre *Pulicaria*

Figure 25 : les photos d'analyse des mies par imagerie

D1 : Pain avec 0% de la poudre de *Pulicaria odora*

D2 : Pain avec 5% de la poudre de *Pulicaria odora*

D3 : Pain avec 10% de la poudre de *pulicaria odora*

D4 : Pain avec 15% de la poudre de *Pulicaria odora*

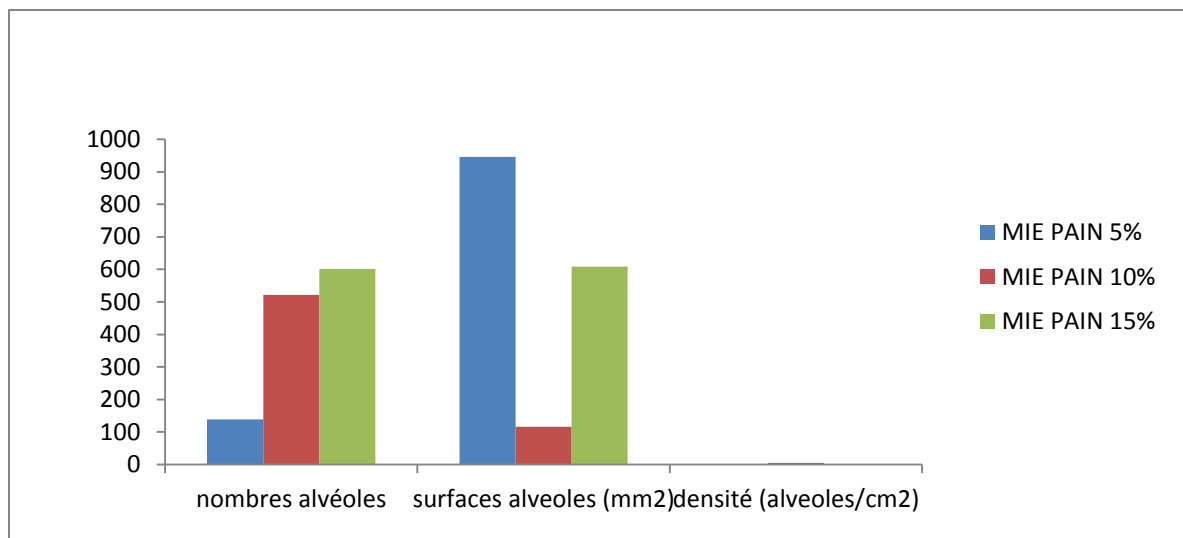


Figure 26: Histogramme des résultats d'analyse d'image

3.3.3. Analyse sensorielle

Afin de compléter l'appréciation de la qualité organoleptique des pains, nous les avons soumis à une analyse sensorielle. Pour Bushuk (1985), un bon pain doit être d'un grand volume, de belle forme de croûte de couleur et de texture agréable, de mie de bonne couleur à texture lisse bien alvéolée non uniforme. De même, Calvel (1980), caractérise le bon pain par son développement, par sa légèreté, par sa croûte bien lisse, dorée qui adhère à la mie aux coups de lames jetés et réguliers ainsi que par sa saveur et son odeur agréable.

D'une façon générale et à partir des figures (27, 28, 29, 30), les pains issus du mélange farine de blé tendre et poudres de *Pulicaria odora* à hauteur de 5%, 10% et 15% montrent une section aplatie à légèrement ronde, des coup de lame peu à non jetés, une croûte fine et peu croustillante (photos) en raison du faible développement du pain cependant le pain sans fibres montrent une section normal croûte fine, coup de lame jeté et régulière.

La mie de nos pain est de couleur vert claire ou foncée (dû à la couleur de la plante), d'une structure aérée et enfin avec un goût et une odeur qualifiés normales pour les pains avec 5% de poudre et désagréable pour ceux ayant 10% et 15% de *Pulacria*.

Résultats et discussions

Le pain D2 (5%) est jugé à 70% de goût et d'odeur agréable, tandis que le pain D3 (10%) est jugé à 90% de goût et d'odeur désagréable et le pain D4 (15%) est jugé à 100% de goût et d'odeur désagréable.

En ce qui concerne nos mélanges, nous constatons qu'au fur à mesure qu'on incorpore de la poudre de *Pulicaria*, il y a détérioration de la qualité organoleptique du pain, cependant on constate qu'une incorporation de 5% donne un pain acceptable par le jurée, par contre les résultats qu'au-delà de 5% il y a détérioration complète de la qualité des pains.



Figure 27: les pains obtenus après cuisson

D1 : Pain à 0% de la poudre de *Pulicaria odora*

D2 : Pain à 5% de la poudre de *Pulicaria odora*

D3 : Pain à 10% de la poudre de *Pulicaria odora*

D4 : Pain à 15% de la poudre de *Pulicaria odora*

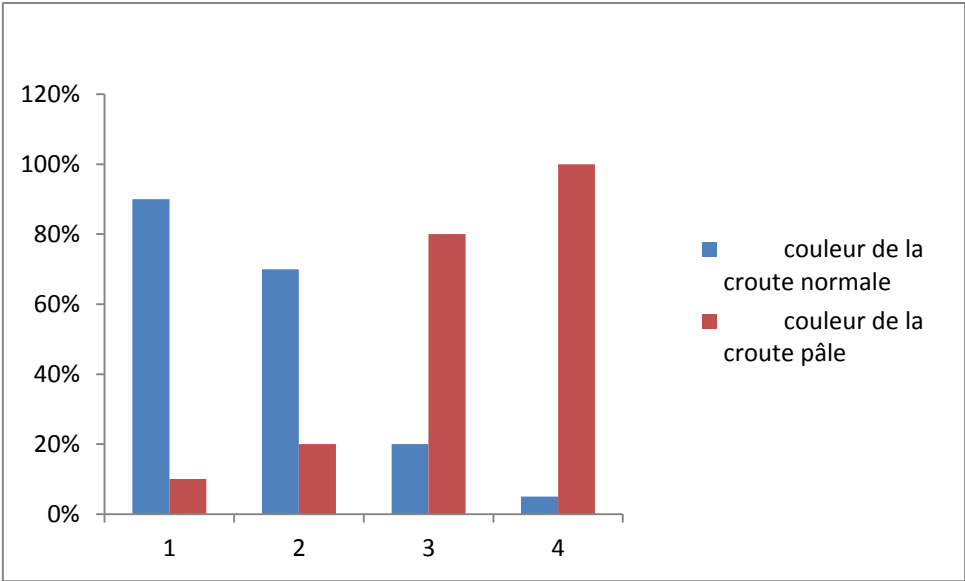


Figure 28: Caractéristique sensorielle des pains (couleur de la croûte)

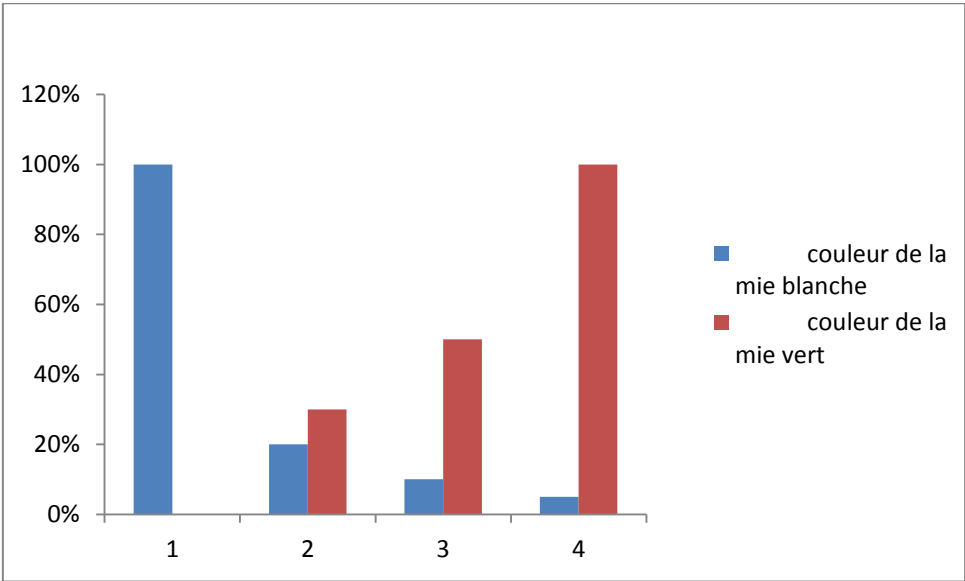


Figure 29: Caractéristique sensorielle des pains (couleur de la mie)

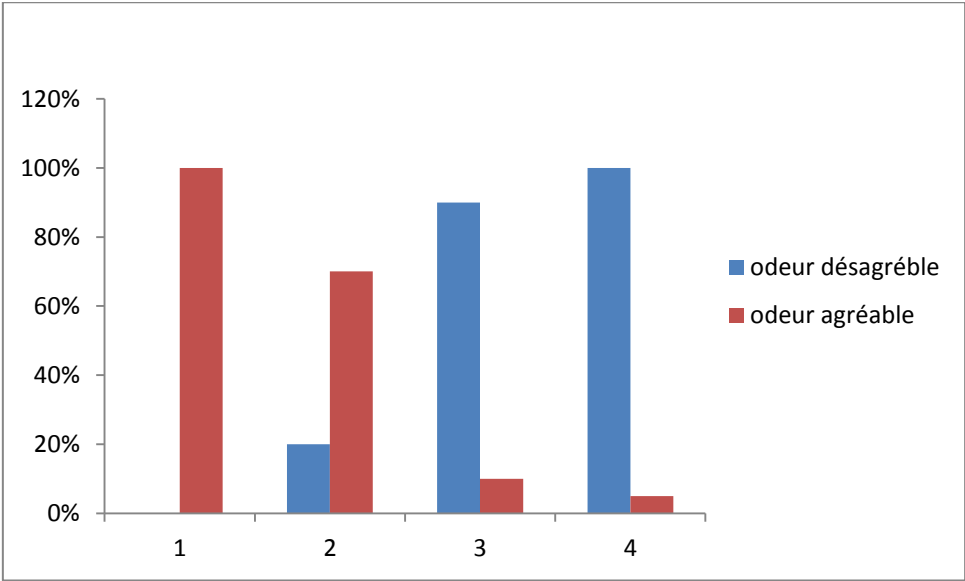


Figure 30: Caractéristique sensorielle des pains (odeur)

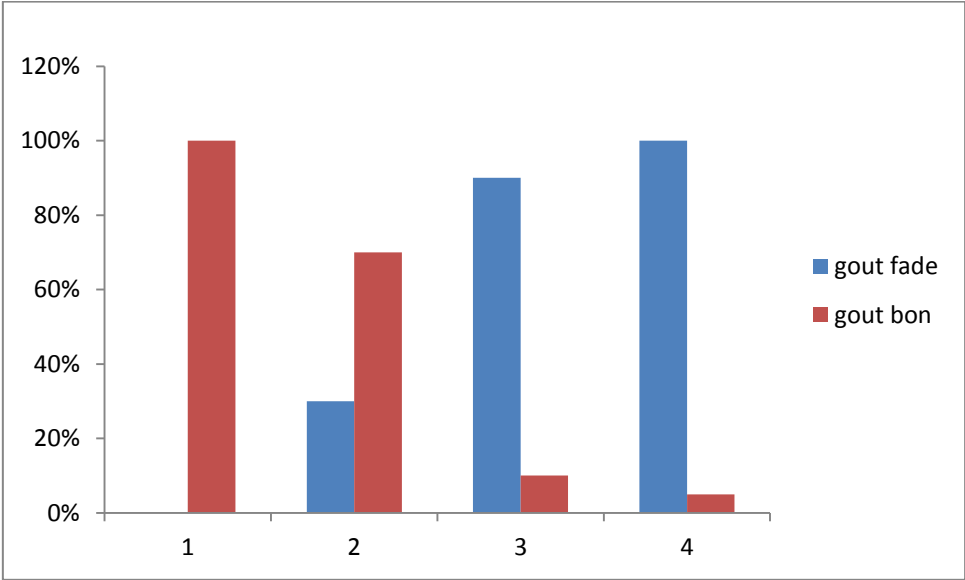


Figure 31: Caractéristique sensorielle des pains (goût)

Conclusion

Cette étude nous a permis d'étudier l'acceptabilité de l'incorporation des fibres alimentaire de type *Pulicaria odora* sur du pain par un panel de dégustateur.

Au cours de notre travail le suivi de la fermentation des pâtes enrichis en fibre nous a permis de constater que leur développement diminue au fur et à mesure de l'incorporation de la poudre de *Pulicaria odora*.

Les essais de panification ont montré que l'ajout de la poudre à la formule de pain à un niveau de 5% n'a pas une incidence négative sur la qualité du pain mais au-delà de 5% , une influence négative sur la qualité globale du pain plus particulièrement sur le volume la densité ont été observée. Du point de vu organoleptique, la croûte devient moins croustillante, une mie sombre, ferme et très sensible à l'émiettement.

Ainsi l'évaluation visuelle et sensorielle des pains à montre que l'addition de 5% de poudre de *Pulicaria odora*, n'entraîne pas un changement dans le goût et l'odeur des pains tandis que les pains enrichis à 10% et à 15% en fibres conduisent à un changement des caractéristiques organoleptiques et visuelles et affectent l'acceptabilité de ces pains par les dégustateurs.

De manière générale, cette étude nous démontrons que l'ajout de la poudre de *pulicaria odora* à une formulation de pain type baguette est réalisable, et cet ajout crée de nouvelles possibilités pour développer un pain de qualité fonctionnel répondant aux besoins diététiques des consommateurs.

Conclusion

En guise de perspective, il y a lieu de reprendre l'étude en variant les quantités de la poudre de *Pulicaria odora* de 1% à 5%.

Références bibliographiques

A

- ❖ **Aacc., 2001:** American Association of Cereal Chemists. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46, 112-126.
- ❖ **Adrian., 1987 :** La composition du blé in les apports du blé et les aliments céréaliers dans l'équilibre alimentaire. Ed fondation RONAC, Paris.
- ❖ **Alvarado, P.G., 2014 :** Facteurs déterminants du pouvoir de panification de l'amidon de Manioc modifié par fermentation et irradiation de UV. *thèse pour obtenir le grade de docteur*, 179. biochimie, chimie et technologie agroalimentaire, Montpellier: Faculté des sciences Montpellier.
- ❖ **Asp, N.G., 1996 :** Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology. *Food Chemistry*, 57 (1), 9-14.
- ❖ **Autio, K et Laurikainen, T., 1997 :** Relationships between flour /dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends in Food Science & Technology*. 185p.

B

- ❖ **Balla, A., Blecker, C., Oumarou, M., Paquot, M et Deroanne, C., 1999 :** Mise au point des pains composites à base de mélange de farine de sorgho-blé et analyse texturales, *Bio. Agr.Soc.Env.* 3 : (2), 69-77.
- ❖ **Bellakhdar, J., 1997 :** La pharmacopée traditionnelle marocaine. Antimicrobial activity of essential oils from the Greek sidertis species. *Pharmazie* 45, 70.
- ❖ **Benhania, Z., 2013 :** Etude de la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité. *Mémoire de Master Académique*. s.l., Analyse et contrôle de la qualité : Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013. p. 55.
- ❖ **Bingham, S.A., Day, N.E., Luben, R., Ferrari, P., Slimani, N., Norat, T., Clavel-Chapelon, F., Kesse, E., Nieters, A., Boeing, H; Tjonneland, A., Overvad, K., Martinez, C., Dorronsoro, M., Gonzalez, C.A., Key, T.J., Trichopoulou, A., Naska, A., Vineis, P., Tumino, R., Krogh, V., Bueno-De-Mesquita, H.B., Peeters, P.H.M., Berglund, G., Hallmans, G., Lund, E., Skeie, G., Kaaks, R et RIBOLI, E., 2003 :** Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. *The Lancet*, 361, 1496-1501.
- ❖ **Bloksma, A.H.** Effect on heating rate on viscosity of wheat flour dough. 10, *Journal of texture studies*, pp. 261-269.
- ❖ **Bornet F., 1992 :** le pain et produits céréaliers, alimentaires et nutrition humaines. ESF. 1992. p. 1533.

- ❖ **Bouleghe, R et Ouabed, K., 2002** : Mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état, département de nutrition, de l'alimentation et des technologies agroalimentaires DNAT.AA. P. 19-34.
- ❖ **Bushuk W., 1985** : Flour protein : structur and fonctionnality in dough and bread. Cereal food word, 447- 452.

C

- ❖ **Caballero, B., Trugo, L.C et Finglas, P.M., 2004** : *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. New York: Academic Press. pp. 1813-1858.
- ❖ **Calvel R., 1980** : Boulangerie Moderne 9^e Ed. Eyrottes - Paris, 11-78.
- ❖ **Calvel R., 1984** : La Boulangerie Moderne ; Ed Egriolle , P 459.
- ❖ **Chaplin M., 2004** : Water Structure And Behavior. London South Bank University. London, Angleterre. [Http://Www.Lsbu.Ac.Uk/Water/](http://Www.Lsbu.Ac.Uk/Water/).
- ❖ **Cheftel J.C., 1977** : *Introduction A La Biochimie Et A La Technologie Des Aliments*. [Ed.] Lavoisier. Paris : S.N., 1977. Pp. 105-142.
- ❖ **Cherbut C., 2003** : "Motor effects of short-chain fatty acids and lactate in the gastrointestinal tract." Proc Nutr Soc **62**(1): 95-9.
- ❖ **Cheriet G., 2000** : Etude De La Galette Différentes Types Recette Et Monde De Préparation, P 99.
- ❖ **Cheriet G., 2000** : Etude De La Galette:Différents Types,Recettes Et Mode De Préparation. P 99.
- ❖ **Chiron H., 2003**: Un Patrimoine Universel. Cndp. [En Ligne] Octobre2003. [Citation : 9 Janvier 2009] [Http:// Wwww.Cndp.Fr/](http://Www.Cndp.Fr/) Revue Tdc/ 862-66061.Htm.
- ❖ **Christian Cabrol P.B.M., 2006**: *Pain Et Nutrition* (Ed. 1er Edition). Observatoire Du Pain.
- ❖ **Codex. Stan (1985)**. Norme Codex Pour La Farine De Blé. *Codex Standard 152-1985*. 1985, P. 4.
- ❖ **Courtin C M et J.A Delcour., 2002**: Arabinoxylans And Endoxylanases In Wheat Flour Bread-Making. Journal Of Cereal Science 35:225-243.
- ❖ **Courtin, C. M. A. Roelants et Delcour., 1999** : Fractionation- Reconstitution Experiments Provide Insight Into The Role Of Endoxylanases In Bread-Making. Journal Of Agricultural And Food Chemistry 47 : 1870-1877.
- ❖ **Cronquist A.J., 1988** : The Evaluation And Classification Of Flowering Plants, 2nd. Edit., New York, New York Bot.Garden, 566 P.
- ❖ **Cummings J.H., 2001** : The Effect Of Dietary Fiber On Fecal Weight And Composition, Dans: Ga. Spiller. 3e. Crc Handbook Of Dietary Fiber In Human Nutrition. Crc Press Llc, Boca Raton, Fl. Usa, P. 183-252.

D

- ❖ **Debiton C., 2010** : Identification Des Critères Du Grain Du Blé (*Triticum Aestivum* L) Favorable A La Production De Bioéthanol Par L'étude D'un Ensemble De Cultivars Et Par L'analyse Protéomique De Lignées Isogéniques Waxy. Thèse De Doctorat, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand. France.
- ❖ **Devries J.W., 2003** : On Defining Dietary Fibre. *Proceedings Of The Nutrition Society*, 62,37-43.

E

- ❖ **Ezoubeiri A ; Gadhi C.A ; Fdil N ; Benharref A ; Jana M et Vanhaelen M., 2005.** Isolation And Antimicrobial Activity Of Two Phenolic Compounds From *Pulicaria Odora* L. *Journal Of Ethnopharmacology* 99 ; 287-292.

F

- ❖ **Fernandez M. L., 2001** : Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk. *Curr. Opin. Lipidol.* 12(1):35-40.
- ❖ **Feillet P., 2000** : Le Grain de blé : composition et utilisation. Edition Quae, 2000-308p.
- ❖ **Fredot E., 2005** : *Connaissance des aliments* :Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététiques. [éd.] Lavoisier. 2° édition. s.l. : TEC et DOC, édition médicales et internationale, 2005. p. 397.
- ❖ **Fredot E., 2012** : *Connaissances des aliments* :Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. [éd.] Lavoisier. 3° editions. s.l. : Tec et Doc, 2012. p. 614.

G

- ❖ **Gan Z ; P R et Schofield D., 1995** : Mini Review-Gas Cell Stabilisation And Gras Retention In Wheat Bread Dough. *Journal Of Cereal Science*, 21,215-230.
- ❖ **Goden et Lesseron J.C., 1991** : Guide Pratique D'analyses Dans Les Industries Des Céréalières, Ed Tec & Doc- Lavoisier, Paris.
- ❖ **Godon W et Loisel B., 1984** : Guide Pratique D'analyse Dans Les Industries De Céréales. [Ed.] Lavoisier. Tec Et Doc. 1984. P. 685.
- ❖ **Godon Et Lasseran J.N., 1989** : Guide Pratique D'analyse Dans Les Industries Des Céréales, Ed. Tec Et Doc Lavoisier, Paris.
- ❖ **Godon R Et Guinet B., 1994** : *La Panification Française*. [Ed.] Lavoisier. Tec Et Doc. 1994. P. 521.
- ❖ **Godon B Et Willm M.L., 1998** : Les Industries De Première Transformation Des Céréales. Collection Sciences Et Techniques. Edit.Tech Et Doc-Lavoisier .Paris :116-120
- ❖ **Grandevionnet P et Praix B., 1994** : Les Ingrédients Des Pates :Farines Mixtes. 1994. Pp. 100-131.

- ❖ **Grandvoimnet P et Pratz., 1994** : Les ingrédients des pâtes. In la panification français. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

H

- ❖ **Hanbali, F ; Akssira, M ; Chemseddoha, A ; Gadhi, F M ; Benherraf, A ; Blazquez, A.M. et Boira, H., 2005** :Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Pulicaria odora* L. *Journal of Ethnopharmacology*,99 : 399-401.
- ❖ **Hebuterne X., 2002** : *La Place des Fibres Alimentaires dans l'Alimentation*. Nice : Faculté de Nutrition, Université de Nice.
- ❖ **Howarth, N.C ; Huang, T.T ; Roberts S.B et Mccrory, M.A., 2005** : Dietary fiber and fat are associated with excess weight in young and middle-aged US adults. *J. Am. Diet. Assoc.* 105(9): 1365-1372.

I

- ❖ **Institute Of Medicine 2002** : Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids (Macronutrients). The National Academy of Sciences. Washington, D.C. : pp.265-328.

L

- ❖ **Lahbabi, A ; Abdel Ilah Jib, M et Yahia Moussa, M., 2004** : Guide pratique de la fortification de la farine . 2004.
- ❖ **Landraf, F., 2002** : Produits et Procédes de panification;Techniques de l'ingénieur:Produit d'origien végétale. 1-16.
- ❖ **Lassouad-Oualdi, N., 2005** : Structure alvéolaire des produits céréaliers de cuisson en lien avec les propriétés rhéologiques et thermiques de la pate:Effet de la composition. 2 Décembre 2005. p. 340. Id:Pastle-00003695.
- ❖ **Lai, C S ; Hosoney, R C et Davis, A B., 1989** : Effects of wheat bran in bread making. *Cereal chemistry*, 66 (3), 217-219.
- ❖ **Lineback, D.R et Rasper, V.F., 1988** : Wheat carbohydrates. In Y. Pomeranz (Ed.), *Wheat Chemistry and Technology*. St. Paul, MN : American Association of Cereal Chemists. pp. 277-372.

M

- ❖ **Malkki, Y. et Virtanen, E., 2001** : Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum: A review. *Lebensm. Wiss. Technol.* 34(6):337-347.

N

- ❖ **Nandini, C.D et Salimath, P.V., 2001** : Carbohydrate composition of wheat, wheat bran, sorghum and bajra with good chapati/roti (Indian flat bread) making quality. *Food Chemistry*, 73, 197-203.
- ❖ **Niquet, E. et Lasseran., 1989** : Guide pratique, stockage et conservation des grains à la ferme.

- ❖ **Noort, M.W.J., Van Haaster, D., Hemery, Y., Schols, H A et Hamer, R J., 2010 :** The Affect Of Particle Size Of Wheat Bran Fractions On Bread Quality – Evidence For Fiber-Protein Interaction. *Journal Of Cereal Science* 52, 59-64.

O

- ❖ **Oiccc., 1995.** Office International Du Cacao Du Chocolat Et De La Confiserie .Les Fibres Alimentaires. <http://Www.Caobisco.Com/French/Pdf/Fibres.Pdf>. Pp. 1-9.
- ❖ **Osborne T.B., 1907:** Proteine Of The Wheat Kernel. Publ.84. Granergie Inst., Waschington Pp: 1-19.

P

- ❖ **Peighamardoust, S.F., 2010:** Aeration Of Bread Dought Influenced By Different Way Of Processing. *Journal Of Cereal Science*(51 (1)), 89-95.
- ❖ **Perira.M.A. et Ludwing. D.S., 2001 :** Dietary Fiber And Body-Weight Regulation Observations And Mechanisms. *Pediatr Clin North Am* 48 : 969-80.
- ❖ **Philippe Roussel. H. C., 2010 :** Recueil De Connaissances Sur Les Descripteurs De Qualité Des Pates Et Des Pains Ou Variable D'état Pour La Panification Française. *Glossaire Terminologique Appliqué Aux Pain Français*, 66. Inra, Poulitec Paris-Upmc.
- ❖ **Potus et Al., 1994 :** Les Enzymes In La Panification Française. Ed : Tec Et Doc Lavoisier, Paris.

R

- ❖ **R. P. J., 1990 :** De la qualité dans la filière de blé ,farine, Pain.3.Les comportements physiochimiques de la qualité dans la filière farine, Pain inIndusries des céréales. 67.
- ❖ **Rehman, Z ; Islam, M ; et Shah, W.H., 2003 :** Effect of microwave and conventional cooking on insoluble dietary fibre components of vegetables. *Food Chemistry*, 80, 237-240.
- ❖ **Reguerre, A.L ; Devaux, M-F ; Lassoued, N ; Chiron, H., 2005 :** Caractérisation par Analyse d'Image de Produits Céréalières Alvéolaires selon leur Texture Visuelle. *Cahier Technique INRA*, 56,17-32.
- ❖ **Reis, D ; Vian, B et Bajon ., 2006 :** Les Fibres Alimentaires. In « Le monde des fibres ». edition : BELIN. Paris.
- ❖ **Rodionova, N.A ; Kaprel'-Yants, L.V ; Serebnitskii, P.V et Kilimnik A.Y., 1992 :** Hemicelluloses of cereal grains and their enzyme catalyts. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 28 (5), 485-501.
- ❖ **Rosado J.L., 2000 :** *The Nutritional Consequences of Dietary Carbohydrates*. Mexico: Instituto Nacional de la Nutricion.
- ❖ **Roussel, Philippe et Chiron, Hubert ., 2005 :** Les Pains Français. Evaluation, qualité, production. Conflandey : Maé-Erti Editeurs, 2005.
- ❖ **Rouau X., 1996 :** Les hémicellulases en panification. *Industries des Céréales*, 96, 13-19.

S

- ❖ **Sayer M ., 2005** : Les Fibres Alimentaires et Le Pain de Blé Entier. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval .Québec.
- ❖ **Selselet A., 1991** : Technologies des céréales et produits dérivés. Institut de technologie agricole de Mostaganem, P 147.
- ❖ **Spiller M., 2007** : Tout Savoir Sur les Fibres. Les Editions le mieux-être, Amazon, France, 320p.
- ❖ **Surget A et Barron C., 2005** : Histologie du grain de blé, industrie des céréales.

T

- ❖ **Tela botanica.2011.** *pulicaria odora L* (eFlore, la flore électronique de Tela Botanica).
- ❖ **Tremolieres J ; Serville Y ; Jacquot R et Dupin H., 1984** : manuelle d'alimentation humaine :Les aliments. ESF Paris. 1984. p. 516.
- ❖ **Touyarou P., 2011** : Formulation,Caracterisation et Validation d'un Pain Satiétogène. *Université de Bourgogne (UB), Cérélab, CSGA, E2S*, 156. Science de l'alimentation, Bourgogne.
- ❖ **Tungland B.C et Meyer D ., 2002** : Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1 (3), 73-92. www.tela-botanica.org (page consultée le 17.06.2017).

W

- ❖ **Willm C.L., 1995** : Comportement en mouture des variétés de blé. Influence de la dureté et l'apport de l'azote, 18-29.

Y

- ❖ **Younes H ; Alphone J C et Deteix P., 2004** : Service de néphrologie, Unité d'hémodialyse adulte, Hôtel Dieu, CHU de Clermont-Fernand.

Annexes

FICHE DE DEGUSTATION

Date :

Dégustateur N° :

Sexe :

Age :

Dosages en fibre		0%	5%	10%	15%
Pain entier	Aspect générale				
	Volume				
	Odeur				
	Goût				
Croûte	Epaisseur				
	Croustillance				
Mie	Couleur				
	Taille des alvéoles				
	Régularité de la taille				
	Texture en bouche				

Résumé

L'incorporation des fibres de feuille de *Pulicaria odora* dans la préparation de pain baguette dans une boulangerie artisanale a été étudiée.

Notre travail a porté sur l'addition de la poudre de *Pulicaria odora* à hauteur de 5%, 10% et 15% à une farine commerciale destinée à la préparation des pains. Les paramètres étudiés sont le volume, la densité, la structure alvéolaire de la mie et l'analyse sensorielle. Les résultats ont fait ressortir que l'ajout de la poudre à des doses élevées (10% et 15%) affectait la qualité technologique des pains ainsi que leur acceptabilité par les dégustateurs. À l'inverse, l'ajout de poudre à 5% ne modifie pas la qualité des pains que ce soit sur le plan technologique qu'organoleptique.

Mots clés : Pain, fibres alimentaires, *Pulicaria odora*, alvéoles, dégustation.

Abstract

The incorporation of *Pulicaria odora* fibers leaves in the preparation of stick bread in a handcrafted bakery was studied.

Our work is based on the addition of *Pulicaria odora* powder at 5%, 10% and 15% with a commercial flour destined for bread preparation. The parameters studied were: capacity, density, alveolar structure of crumbs and sensory analysis.

The result found out that the addition of elevated doses (10% and 15%) of powder affect the technologic quality of bread and his acceptability from the tasters ; Instead the addition of powder at 5% does not changed the quality of bread technologically and organoleptically.

Keywords: bread, fibers alimentary, *Pulicaria odora*, alveolus, tasting.