

**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

Université Abdel Hamid Ibn Badis De Mostaganem

Faculté des Sciences Département de l'Agronomie.



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II

Option : Biotechnologie Alimentaire

Thème :

**Fabrication des produits alimentaires à base de blé fermenté type
‘Hamoum’, valorisation technologique et nutritionnelle**

Présenté par :

TEKOUK CHEIKH MANSOUR & MAMECHE ABDELJALLIL

Constitution du Jury :

Président : BELABBES Mohamed

MCB

Encadreur : BENABDELMOUMENE Djilali

MCA

Examinatrice : KELOUILI Abir

DOCTORANTE

2020/2021

REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah le miséricordieux le tout-puissant de nous avoir donné
la santé et patience
qui nous ont permis de mener à terme ce modeste travail;

Au terme de ce travail, je tiens à remercier mon enseignant et directeur de mémoire,

M. Benabdelmoumen Djilali

(Maitre de conférences A) à l'université de Mostaganem, pour avoir encadré ce travail.
Nous tenons à vous remercier pour votre aide précieuse, vos conseils, votre objectivité, -
votre disponibilité, votre rigueur scientifique, et vos précieux conseils qui ont fait
progresser ce travail. Il m'est aussi d'un agréable devoir de vous adresser un grand
merci pour la sympathie, la confiance et la liberté d'action dont nous avons bénéficié
tout au long de ce mémoire.

Soyez assurées de Mes sincères estimés.

Sans oublier l'ensemble des **enseignants** ayant contribué à notre formation durant
notre cycle d'études.

Nous voudrions adresser mes remerciements au personnel des laboratoires Animale
de « **LINECE** »

Nos remerciements à **toute personne** ayant contribué de près ou de loin à
l'aboutissement de ce travail.

Un grand merci à doctorante **Mlle Khadidja Babadji** pour son aide, sa collaboration et
ses précieux conseils.

Enfin nos remerciements sont dressés plus particulièrement à **nos familles** et **nos amis**
(est) qui ont su nous soutenir, nous encourager, nous aider et nous supporter tout au
long des années.

Table des matières

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux et des figures	
Introduction Générale	1

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Blé

I- Généralités	3
II-Types de blé	4
III- Composition du blé	5
1. Composition morphologique	5
2. Composition biochimique d'un grain de blé	7
IV- Utilisation du blé	11

Chapitre II : Méthodes de stockage de blé

I- Stockage du blé	12
II- Stockage traditionnel de blé	12
1. Stockage traditionnel en Algérie (Le Matmour)	12
2. Stockage dans les greniers	13
3. Stockage en gerbes	14
III. Stockage moderne	14
1. Stockage en vrac	14
2. Stockage en sac	14
3. Stockage en silos	15

Chapitre III: Fermentation du blé

I- Fermentation	16
II- Blé fermenté	16
III. Impact de la fermentation sur les caractères biochimiques de blé	18
1. Action sur les principales substances	18

2. Qualité nutritionnelle et digestibilité	19
3. Formation de l'arôme et de la saveur	20
4. Préservation et innocuité de l'aliment	20

Chapitre IV: Bactéries lactique

I- Caractéristiques principales	21
II- Classification	22
1. Activité protéolytique	23
2. Activité lipolytiques	23
3. Activité acidifiante	24
III- Intérêts des bactéries lactiques	24
IV- Propriétés antimicrobiennes des bactéries lactiques	25
1. Peroxyde d'hydrogène	25
2. Dioxyde de carbone	26
3. Diacétyl	26
4. Reutéline	26
5. Bactériocines	26
V- Propriétés anticancéreux des bactéries lactiques« effet probiotiques »	27

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

Matériel biologique

I- Objectif	29
II- Enquête sur le BFH	29
III- Préparation des échantillons	29
1. Matière première (BFH)	29
2. Pétrissage	30
3. Étude du rendement	30
IV. Analyse sensorielle du biscuit	30

Techniques analytiques

I- Détermination de la teneur en matière sèche (AFNOR, 1985).....	31
II- Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR ; 1985).....	32
III. Extraction des composés phénoliques	33
1. Dosage des polyphénols totaux	33

Résultats et discussions

I- Matière sèche	34
II- Matière minérale	35
III- Matière organique	36
IV- Phénols totaux	37

Les résultats analyses sensoriels

1. Couleur	38
2. Odeur	39
3. Texture	40
4. Gout	41
5. Arrière gout	42
6. Croustillance	43
7. Attractivité	44

Conclusion Générale	45
----------------------------------	----

Résumé

L'objectif de notre travail est d'étudier les effets des différentes températures de cuisson et d'intégration du blé fermenté (BF) sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques des biscuits fait maison et d'étudier ses propriétés physico-chimiques.

S'agissant des substances antioxydantes, nous avons noté une augmentation significative de la teneur en polyphénols avec chaque augmentation de la quantité de BF, les échantillons à 50 % avaient la teneur la plus élevée par rapport aux échantillons de 35% BF (0.78 mg EAG/g vs 0.4 mg EAG/g) respectivement.

Les analyses sensorielles ont été réalisées en sept tests, le niveau de satisfaction pour chaque critère est marqué par la variance de la part les dégustateurs, où les biscuits à 20% BFHA est la plus préférée par rapport à la couleur et l'odeur, celui de 35% de BFH cuit à 100°C sont plus appréciable par rapport à la texture, les biscuits de 35% de BFH cuit à 100°C/75°C sont plus attractifs.

Mots clefs : hamoum-Blé Fermenté Hamoum- polyphenols- activité antioxydante.

Astract

The objective of our work is to study the effects of the different cooking and integration temperatures of fermented wheat (BF) on the nutritional and organoleptic qualities of homemade cookies and to study its physicochemical properties.

Regarding the antioxidant substances, we noted a significant increase in the content of polyphenols with each increase in the amount of BF, the samples at 50% had the highest content compared to the samples of 35% BF (0.78 mg EAG / g vs 0.4 mg EAG / g) respectively.

The sensory analyzes were carried out in seven tests, the level of satisfaction for each criterion is marked by the variance on the part of the tasters, where the 20% BFHA cookies are the most preferred in relation to color and smell, those of 35% BFH baked at 100°C are more appreciable compared to the texture, cookies of 35% BFH baked at 100°C/ 75°C are more attractive.

Keywords: antioxidant activity- Hamoum fermented wheat - polyphenols.

ملخص

الهدف من عملنا هو دراسة تأثير درجات حرارة الطهي والتكامل المختلفة للقمح المخمر (BF) على الصفات الغذائية والحسية للبسكويت محلي الصنع ودراسة خصائصه الفيزيائية والكيميائية.

فيما يتعلق بالمواد المضادة للأكسدة ، لاحظنا زيادة كبيرة في محتوى البوليفينول مع كل زيادة في كمية BF ، كانت العينات بنسبة 50% تحتوي على أعلى محتوى مقارنة بعينات BF 35% (0.78 ملغ EAG / غ مقابل 0.4 ملغ EAG / غ) على التوالي.

تم إجراء التحليلات الحسية في سبعة اختبارات ، وتم تحديد مستوى الرضا لكل معيار من خلال التباين من جانب المتذوقين ، حيث يفضل 20% من ملفات تعريف الارتباط BFHA بالنسبة إلى اللون والرائحة ، وتلك الخاصة بـ 35% يعتبر BFH المخبوز عند 100 درجة أكثر وضوحًا مقارنة بالقوام ، وملفات تعريف الارتباط بنسبة 35 % BFH المخبوزة عند 100 درجة / 75 درجة هي أكثر جاذبية.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للأكسدة- الحموم- قمع مخمر حموم - بوليفينول.

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation.

BFH : blé fermenté hamoum.

BFHA : blé fermenté hamoum ajouté.

MS : matière sèche.

MM : matière minérale.

MO : matière organique.

g : gramme.

mg : milligramme.

µg: microgramme.

EAG% : Equivalent en acide gallique.

°C : degré Celsius

% : Pourcentage

Liste des figures

Figure 01 : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé (**Surget & Barron, 2005**).

Figure 02 : Photo d'un Matmour (**Mokhtari, 2016**).

Figure 03 : Un grenier (**Hoogland et Holen, 2005**)

Figure 04 : Silos métalliques (**Hayma, 2004**)

Figure 05 : Formes typiques du matmor (**Bartali, 1987**).

Figure 07 : Histogramme de Matière sèche des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

Figure 08 : Histogramme de matière minérale des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

Figure 09 : Histogramme de matières organique des gâteaux préparés à base de blé fermenté

Figure 10 : Histogramme de phénols totaux des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

Figure 11 : Analyses en composantes principales de la couleur des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Figure 12 : Analyses en composantes principales de l'odeur des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Figure 13 : Analyses en composantes principales de la texture des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Figure 14 : Analyses en composantes principales de gout des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Figure 15 : Analyses en composantes principales d'arrière gout des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Figure 16 : Analyses en composantes principales de croustillance des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Figure 17 : Analyses en composantes principales d'attractivité des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition minérale moyenne pour 100 gr de blé, (Fredot, 2005).

Tableau 02 : Composition chimique d'un grain de blé (Feillet, 2000).

Tableau 03 : Propriété générale des genres de bactérie lactiques (Axelsson, 2004).

Tableau 04 : Effets rapportés des bactéries probiotiques sur la santé.

Tableau 05 : Classement des échantillons des biscuits avec les concentrations de BFA et les températures de cuisson.

Tableau 07 : matières sèches des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

Tableau 08 : matières minérale des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

Tableau 09 : matières organique des gâteaux préparés à base de blé fermenté

Tableau 10 : Phénols totaux des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

Tableau 11 : Les estimations de satisfactions de couleur des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Tableau 12 : Les estimations de satisfactions de l'odeur des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Tableau 13 : Les estimations de satisfactions de texture des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Tableau 14 : Les estimations de satisfactions de gout des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Tableau 15 : Les estimations de satisfactions d'arrière gout des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Tableau 16 : Les estimations de satisfactions de croustillance des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

Tableau 17 : Les estimations de satisfactions d'attraction des différents pourcentages de blé fermenté ajoutées.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction :

La fermentation fait généralement référence à la conversion chimique des glucides tels que les amidons ou les sucres dans les aliments par des bactéries bénéfiques, des levures ou d'autres micro-organismes en alcools et acides. Le processus naturel est une pierre angulaire de la civilisation humaine depuis des millénaires et a contribué à produire certains des aliments les plus savoureux et les plus digestes de nos garde-manger. (**Eatcultured** 2018)

Les céréales fermentées telles que l'orge, le blé et l'épeautre sous forme de grains entiers ou de farine sont une alternative plus saine aux options non fermentées. (**Eatcultured** 2018)

Au fur et à mesure que les grains sont fermentés, une grande partie de l'acide phytique est neutralisée dans le cadre des réactions chimiques dans les aliments qui ont lieu par l'action des microbes. Cet acide est la principale forme de stockage du phosphore dans de nombreuses plantes et également une déclencheuse clé pour les personnes sensibles au gluten. (**Eatcultured** 2018)

De même, les vitamines et protéines essentielles enfermées dans le grain deviennent plus biodisponibles grâce au processus de fermentation.

Les microbes naturels, à savoir les lactobacilles et les levures, transforment les glucides des grains moulus en acide lactique et en dioxyde de carbone, ce qui fait lever le pain. (**Eatcultured** 2018)

Historiquement, le hamoum de blé fermenté traditionnel (BFH) était considéré comme un aliment aux propriétés médicinales dans la prévention et le traitement de nombreuses complications pathologiques et physiologiques intestinales. Ce produit est issu du stockage du blé pendant plus de 12 mois dans un grenier artisanal souterrain appelé « Matmora ». Le produit de blé fermenté est riche en micro-organismes bénéfiques pour la santé.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Une étude microbiologique basée sur des tests biochimiques et des traits physiologiques de la flore bactérienne endogène a identifié 42 souches de bactéries lactiques à différents taux la plupart des souches bactériennes lactiques ont montré une activité amylolytique et protéolytique efficace.

Ainsi, le blé naturellement fermenté pourrait être utilisé comme adjuvant alimentaire à titre préventif contre les complications pathologiques intestinales. Des études complémentaires sont en cours pour comprendre les mécanismes cellulaires résultant de l'utilisation de la BFH. (**Benakriche** 2016)

Objectif :

L'objectif de notre travail est d'étudier les effets des différentes températures de cuisson et d'intégration du blé fermenté sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques des biscuits fait maison.

PARTIE I
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

Les céréales sont un groupe de plantes annuelles cultivées, appartenant à la famille des Poaceae (**Guignard et Dupont, 2004**). Cette famille, parmi toutes celles du règne végétal, occupe une place à part, non seulement par le nombre de ses espèces, 9000, mais encore son ubiquité, sa répartition et son intérêt humain, historique comme économique (**Guignard et Dupont, 2004**). La plante de blé comme toutes les céréales, est un système vivant qui peut être divisé en deux parties: une partie souterraine assurant la communication sol/plante, c'est le système racinaire. Et une partie aérienne permettant les échanges plante atmosphère, et notamment le processus de photosynthèse et de transpiration (**Hadria, 2006**).

I-Généralités :

Le blé, genre *Triticum* est une monocotylédone, de l'ordre des graminées de la famille des Poacées ou (Graminées). C'est une plante herbacée annuelle de 75cm à 1,5m de haut (**Reis et al, 2006**). C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence appelé caryopse constitué d'une graine et de téguments (**Feillet, 2000**).

Le blé est une plante qui s'adapte à des sols et des climats variés et dont la culture est la plus répandue dans le monde (**Mohtahdj, 1989**).

Le blé est cultivé pour l'alimentation humaine depuis des temps très anciens. Il se distingue de l'ensemble des autres graminées par les propriétés physico-chimiques de son gluten qui permet d'obtenir des produits céréaliers alvéolés après fermentation et cuisson (**Adrian, 1990**).

Au cours de cette étude, nous nous intéresserons uniquement au blé dur, toutefois on utilise des références sur le blé tendre infiniment plus nombreux que ceux sur le blé dur.

II-Types de blé :

Les deux espèces de blé les plus cultivées au monde sont le blé tendre (*Triticum aestivum*.) qui représente plus de 90% de la production mondiale et le blé dur (*Triticum durum*.) qui constitue 5% de celle-ci et qui est traditionnellement cultivé dans le bassin méditerranéen (**Gooding**, 2009).

D'un point de vue botanique, le blé est une monocotylédone appartenant à la famille des graminées, divisées génétiquement selon leur nombre de chromosomes ($2n$). Le blé dur, utilisé pour la fabrication de pâtes alimentaires, présente un génome tétraploïde (génome AA BB). Chaque génome est constitué de 7 paires de chromosomes homologues, soit un total de 28 chromosomes ($2n = 28$). Le blé tendre, essentiellement utilisé pour la fabrication du pain, est hexaploïde (génome AA BB DD) avec un total de 42 chromosomes.

Les différentes variétés de blé peuvent être classées d'un point de vue technologique selon la texture de leur albumen et leur teneur en protéines, caractéristiques qui conditionnent le rendement en farine ou en semoule lors de la première transformation et la qualité culinaire des produits de seconde transformation. Les critères de classification sont sous l'influence, à la fois, de facteurs génétiques et environnementaux (**Kent & Evers**, 1994).

La dureté, propriété mécanique qui se réfère à la texture, traduit la cohésion du grain (**Symes**, 1965, **Baker**, 1977 cité par **Ferreira**, 2011). Il existe trois classes de dureté qui séparent les espèces et les variétés de blé : soft et hard pour les hexaploïdes et dur pour les tétraploïdes.

La vitrosité, caractéristique très recherchée chez le blé dur, est une propriété optique fortement influencée par les conditions agro-climatiques et directement liée à la teneur et à la composition en protéines (rapport gliadine/gluténine) (**Dexter et al**, 1989, **Samson et al**, 2005).

Sur la base de la vitrosité, on distingue trois catégories de grains : les grains vitreux, présentant une surface translucide et lisse à la coupe avec un albumen compact, pratiquement dépourvu d'espaces vides ; les farineux, présentant un albumen blanc et opaque, lié à la présence des nombreuses poches d'air (Czarnes et al., 1999) qui diffractent et diffusent la lumière (Hoseney, 1994) et les grains mitadinés, caractérisés par la présence de zones adjacentes farineuses et vitreuses (Dexter et al., 1989).

III- Composition du blé :

1. Composition morphologique

Morphologiquement le blé dur se différencie du blé tendre (Soltner, 2005). Le grain de blé dur est gros, de section triangulaire très riche en albumen et de texture vitreuse (Hadria, 2006). Il possède un système racinaire assez développé par rapport à celui du maïs ou graminées (Hadria, 2006). Physiologiquement, le grain est constitué par le germe qui donne la plantule, l'amande appelée endosperme ou albumen, tissu de stockage qui fournit au germe les réserves nécessaires pour sa croissance et les enveloppes protectrices qui sont composées par la paroi de la graine (testa) et par la paroi du fruit (péricarpe) (Doumandji et al, 2003). La structure des grains de diverses céréales est assez semblable.

•L'enveloppe

C'est la pellicule cellulosique qui protège le grain pendant sa formation dans l'épi, au cours de sa conservation et aussi pendant la levée, dans le sol en limitant l'entrée des moisissures et des bactéries. Toutefois le péricarpe n'est pas étanche et permet le passage de l'air et de l'eau (Cruz et al, 1988). L'enveloppe représente environ 12 à 14% du poids du grain de blé (Bonneau, 2003), elle est formée; du péricarpe riche en fibres cellulosique et sels minéraux et d'une assise protéique ou couche à aleurone qui représente la première assise constitutive de l'albumen, riche en protéines, lipides, pentosanes, hémicellulose et minéraux (Godon et Willm, 1991).

- **L'amande farineuse ou l'endosperme**

Constitue presque tout l'intérieur du grain (environ 80% - 85% du poids du grain). On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination (**Bonneau, 2003**).

- **Le germe**

Comprend 2 parties, la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain; Il représente 2% du poids du grain de blé (**Alves et Xavier, 2002**).

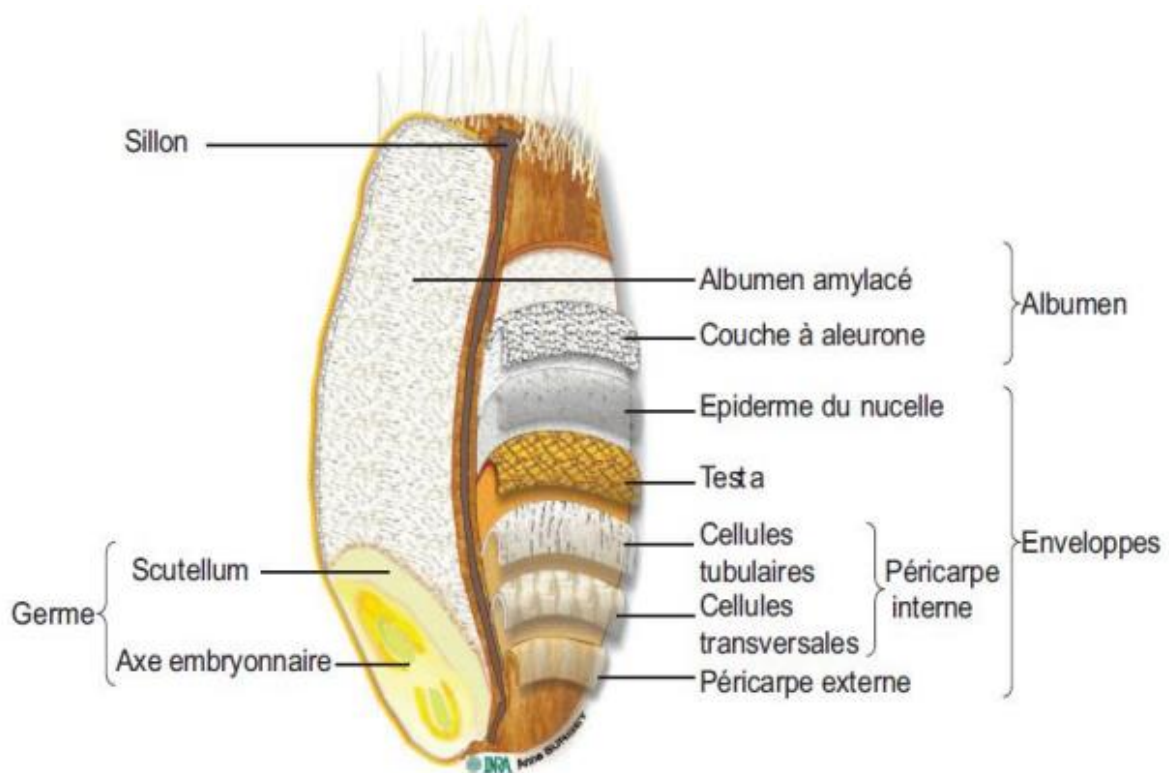


Figure 01: Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé (**Surget & Barron, 2005**).

2. Composition biochimique d'un grain de blé

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%) : les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**Feillet, 2000**).

2.1. Les glucides

Présent sous forme de sucres simples ou composés, ils sont d'une grande importance car ce sont des sucres fermentescibles et assimilables par les micro-organismes tels que les levures.

L'amidon est la substance énergétique la plus importante, c'est le constituant majeur des céréales pour 60 à 65% du poids du blé. C'est un polymère de glucose. D'après **Michel et Rousset** en 1998, il est constitué des chaînes non ramifiées (amylose) : 25% et des chaînes ramifiées (amylo-dextrines) :75%.

La cellulose qui est un glucide complexe, difficilement digestible, rentre dans la composition du péricarpe (**Nique et Classeran, 1989**).

On trouve également des glucides simples, environ 2% dont la majeure partie est localisée dans le germe et l'assise protéique (**Fredot, 2005**).

2.2. Les protéines

Elles représentent 12% du poids du grain. Ce sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acides aminés) ou complexe (protéines). Elles sont constituées par plus d'une cinquantaine de constituants classées d'après leurs propriétés de solubilité en quatre fractions :

- Albumines, hydrosolubles (9%).
- Globulines, solubles dans les solutions salées diluées (6%).
- Prolamines et gliadines, solubles dans les solutions alcooliques (45%).

- Glutenines, solubles dans les solutions acides diluées (40%).

(Sophie Berland et Philippe Roussel, 2005)

Le gluten représente 90% des protéines et permet la panification par son élasticité lorsqu'il est mélangé avec l'eau. Il est constitué de glutenines et surtout de gliadines qui est l'agent responsable de la maladie coéliqua chez les personnes sensibles.

Il a la propriété de lever par fermentation et est très sensible à la température (J.F Crus et al, 1989).

2.3. Les lipides

Ils sont peu abondants dans les grains et sont fortement concentrés dans le germe. Leur teneur se situe autour de 2%. Certains sont libres, mais la majorité est associée aux protéines et à l'amylose (Leygue, 1995).

2.4. Les minéraux

Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3 % de matière sèche du grain (G.Niquet et J.C Lasserna, 1989).

Les céréales ont une teneur élevée en potassium, en phosphore, en magnésium et une faible teneur en fer, zinc et en calcium.

Tableau 01: Composition minérale moyenne pour 100 gr de blé, (Fredot, 2005).

Minéraux	Blé (mg/100g)
Calcium	35
Phosphore	400
Magnésium	140
Sodium	3
Potassium	435
Fer	5
Zinc	4.1
Cuivre	0.6
Sélénium	100

2.5. Les vitamines

Sont des composés chimiques complexes, elles se trouvent surtout dans le péricarpe et le germe, à des teneurs très faible. Lors de la mouture, une partie des vitamines sera perdue dans les sons à cause de la forte concentration au niveau de germe et des enveloppes (J.F Cruz et al, 1989).

Toutes les céréales ont des caractéristiques similaires : absence de vitamines A, C et D et présence des vitamines du groupe B

Vitamines hydrosolubles :

- Vitamine B : 0.41 mg/100g : ces teneurs sont intéressantes mais les 2/3 sont situé dans le scutellum, l'autre 1/3 se trouvent dans l'assise protéique.
- Vitamine B2 : 0.1 mg/100g : c'est une source très médiocre dont 50% est situé dans l'amande.
- Vitamine B3 : 4.7 mg/ 100g : ces teneurs sont intéressantes mais les 2/3 se trouvent dans l'assise protéique. - Vitamine B6 : 0.5mg/100g : ces teneurs sont moyennes.
- Vitamine B9 : 50 µg/100g : ces une source médiocre.

(Fredot, 2005).

Vitamines liposolubles : La seule solution liposoluble présente dans le grain de blé est la vitamine E avec 2.5 mg/100g. Elle se trouve essentiellement dans le germe car c'est à cet endroit que l'on trouve le plus de lipides. (Fredot, 2005).

2.6. Les enzymes

Ce sont des substances complexes présentes en quantité négligeable, mais dont le rôle est très important, elles sont responsables des transformations que subissent les autres substances. (G.Niquet et J.C Lasserna, 1989).

Les enzymes les plus importantes en technologie des céréales sont celles qui provoquent la dégradation des protéines, des lipides et des glucides. Nous avons :

* **Les glucidases** : - β amylases qui transforment l'amidon en β - maltoses, c'est la plus importante des diastases du grain de blé. Elles se trouvent dans le grain sain, normal et inactivé par la chaleur, par conséquent sa principale action a lieu pendant la fermentation.

- α amylases qui transforment l'amidon en dextrines, elles ne se rencontrent que dans le blé germé. Elles sont stables à la chaleur et peuvent survivre à des hautes températures atteignant 70 à 80°C.

***Les enzymes protéolytiques** : elles sont activées par la cystéine.

***Les lipases et lipoxygénases** : qui agissent sur les lipides en entraînant la libération des acides gras libres ce qui en générales altère la produit.

La lipoxygénase catalyses l'oxydation par l'oxygène moléculaire du bétaxanthophylle responsable des pigments jaunes de la semoule.

2.7. L'eau

Les grains sont naturellement peu hydratés, leur teneur en eau varie avec le taux d'humidité de l'air. L'équilibre se situe entre 13% et 15%. Du point de vue chimique et physique, son action solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse le seuil d'équilibre (Feillet, 2000).

Tableau 02: Composition chimique d'un grain de blé (Feillet, 2000)

	Eau (%)	Glucides totaux (%)	Matière protéique(%)	Matière grasse (%)	Matière minérale (%)
Blé entier	13	68-72	10	1.5-2	1.7-2.1
Enveloppe	13	65-68	17-19	4-5	6-7
Amande Farineuse	13	74-76	09-12	0,7-1	0,4-0,5
Germe	13	37-43	22-32	15-18	4-5

IV. Utilisation du blé :

La majorité des utilisations du blé concerne l'alimentation humaine et animale. Dans l'alimentation humaine, le blé dur est destiné à la biscuiterie, la fabrication de semoule, ou de pâtes. Le blé tendre quant à lui est utilisé principalement en meunerie pour obtenir de la farine nécessaire à la production de pain et de pâtisseries (Doumandji et al, 2003).

Dans l'alimentation animales l'utilisation de blé est prédominante dans les pays industrialisés, son utilisation permet la valorisation des sous-produits tels que le son et remoulages consommé sous formes de poudre ou de granules (Delphine, 2006).

L'utilisation de blé ne se limite pas pour la production alimentaire, depuis quelques années ils apparaissent des nouvelles utilisations à l'échelle industrielle telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon (Planchot et Rossignol, 2010).

I- Stockage du blé :

Le stockage constitue la phase essentielle du système après récolte qui sépare la récolte des produits de leur utilisation pour la consommation directe ou la première transformation. Le stockage des grains joue un rôle important notamment dans les pays en développement (**Cruz et Diop, 1989**).

II- Stockage traditionnel de blé :

1. Stockage traditionnel en Algérie (Le Matmour)

Le paysan algérien, sur les hauts plateaux, conservait tant bien que mal, le produit de ses champs d'orge et de blé, dans des enceintes creusées dans un sol argileux généralement à un endroit surélevé ou proche de la ferme. C'est ce qu'on appelle « Le Matmour » (**Figure 02**) (**Djermoun, 2009**).

L'utilisation des entrepôts souterrains pour le stockage des grains est une pratique traditionnelle, très ancienne qui nécessite des matériaux peu coûteux pour la construction et protège le grain stocké contre les fluctuations de la température extérieure. Le stockage souterrain est particulièrement utilisé pour son herméticité, qui permet dans certaines mesures, le contrôle des insectes grâce à la réduction du niveau d'oxygène dans l'entrepôt.

Plusieurs facteurs entrent en interaction pour déterminer l'état de conservation des grains stockés. Les principaux facteurs sont l'humidité du grain, sa température et la composition des gaz dans l'entrepôt. Un bon entreposage consistera donc à maintenir un ou plusieurs de ces facteurs à un niveau qui empêche ou tout au moins ralentit le processus de détérioration de la matière stockée (**Bartali et al, 1989**).

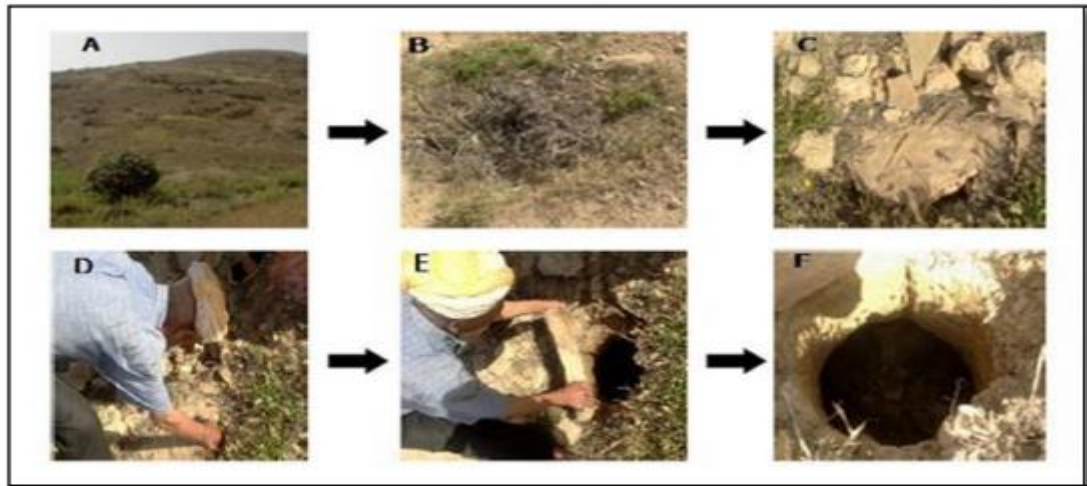


Figure 02: Photo d'un Matmour (Mokhtari, 2016).

2. Stockage dans les greniers

Les greniers traditionnels en tige de bambou où les grains sont conservés en épis ou en vrac. Ils sont généralement surélevés pour éviter l'attaque des rongeurs. L'infestation par les insectes est fréquente. Ces greniers ont généralement une forme cylindrique avec un chapeau au-dessus. On les retrouvait très souvent au milieu des champs. Maintenant ils sont situés soit à côté ou dans les concessions mêmes. Dans tous les cas on peut dire que ces greniers n'assurent pas une bonne protection phytosanitaire (Hoogland et Holen, 2005).

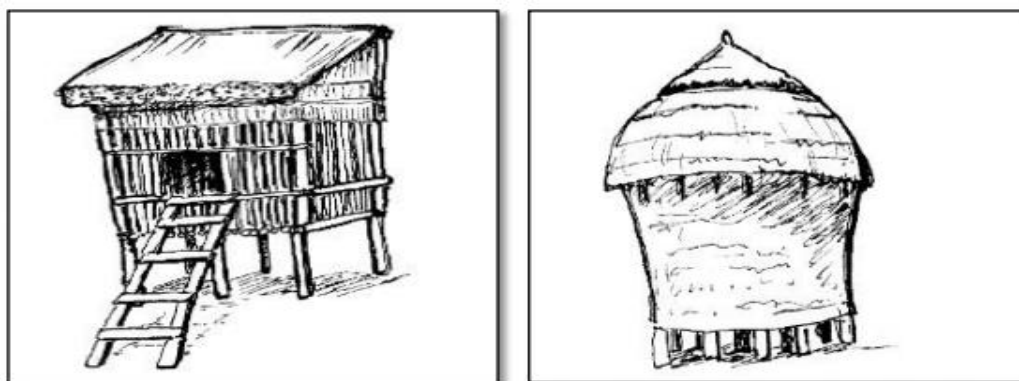


Figure 03: Un grenier (Hoogland et Holen, 2005)

3. Stockage en gerbes

C'est la méthode traditionnelle appliquée depuis le haut Moyen Age au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne. On peut entasser les gerbes en plein air (gerbiers, meules), mais cette variante semble plutôt récente du 18^{ème} siècle, l'usage le plus courant étant le stockage en grange, laquelle abrite aussi l'aire à battre au fléau. En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon (**Multon, 1982**).

III. Stockage moderne :

1. Stockage en vrac

Dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'aire libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. Malheureusement les contaminations sont possibles, d'autant plus que dans ce type de construction, il demeure toujours des espaces entre les murs et le toit. Ainsi le libre passage des souris, des rats, des moineaux, des tourterelles, des pigeons et des insectes demeure possible. Par ailleurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre. Ce moyen de stockage indispensable face à l'insuffisance des installations spécialisées aura tendance à disparaître dans l'avenir (**Doumandji et al, 2003**).

2. Stockage en sac

Le stockage en sac est presque disparu dans les pays développés et très largement utilisé dans les pays en développement. Au niveau des structures, elle exige un investissement plus faible que le stockage en vrac et elle peut s'adapter à l'utilisation de bâtiments existant. Les structures de stockage en sacs permettent la protection des grains contre les différents facteurs de détérioration telle que la température, l'humidité et l'entrée des différents déprédateurs des stocks (**Cruz et Diop, 1989**).

3. Stockage en silos

Les silos sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal. Elles sont fermées à leur partie supérieure par un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des cellules. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandji et al, 2003).

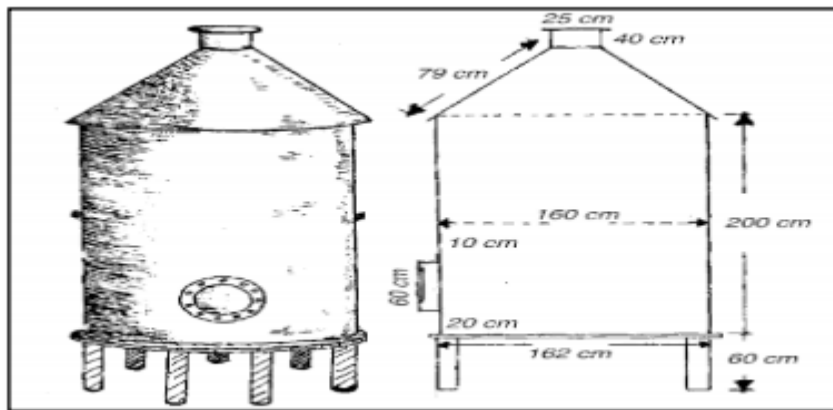


Figure 04: Silos métalliques (Hayma, 2004)

I- Fermentation :

La fermentation est considérée comme l'un des procédés le plus ancien et le plus économique pour la conservation des aliments, particulièrement dans les pays tropicaux où les fortes températures combinées aux niveaux élevés d'humidité favorisent la fermentation spontanée (Nout, 2009). Il peut y avoir une ou plusieurs étapes de fermentation allant de quelques heures à plusieurs mois selon l'aliment (Prückler et al, 2015).

II- Blé fermenté :

Les aliments fermentés traditionnels représentent environ un tiers de la nourriture dans le monde. En Algérie, le blé fermenté traditionnel appelé Hamoum, une denrée alimentaire ancestrale consommé sous forme de couscous. Ce blé est obtenu après une fermentation naturelle dans un grenier souterrain appelé matmora (figure 5). (Ben Mehel et al., 2019)

Dans « el matmora », la fermentation du blé est un phénomène naturel causé par les conditions de stockage, notamment par l'humidité suite aux fortes pluies qui favorisent l'infiltration de l'eau dans les parois d'« el matmora », l'augmentation progressive de la température en raison de la fermentation du blé et la faible présence d'air. Les phénomènes de fermentation d'origine microbienne peuvent durer plusieurs années (\leq neuf années). Le goût du blé fermenté est entré dans les habitudes alimentaires pour la fabrication de pain de blé fermenté ou de couscous « lemzeiet », « elmechroub » ou encore « hamoum » (Mokhtari, 2012). Ce blé est caractérisé par une variété de saveurs, de textures et d'arômes particuliers très convoités par les consommateurs des régions spécifiques (Bekhouche et al., 2013).

« Hamoum » (figure 6) est un produit alimentaire riche en flore bénéfique. Sa microflore a été analysée afin d'apprécier sa qualité microbiologique en terme de microorganismes bénéfiques et de potentiel pathogène (Drabo et al, 2019).

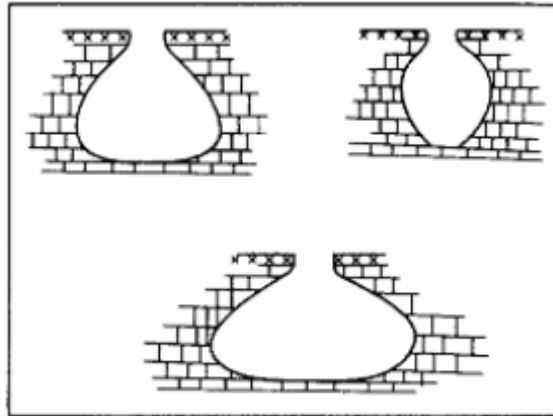


Figure 05: Formes typiques du matmor (Bartali, 1987).

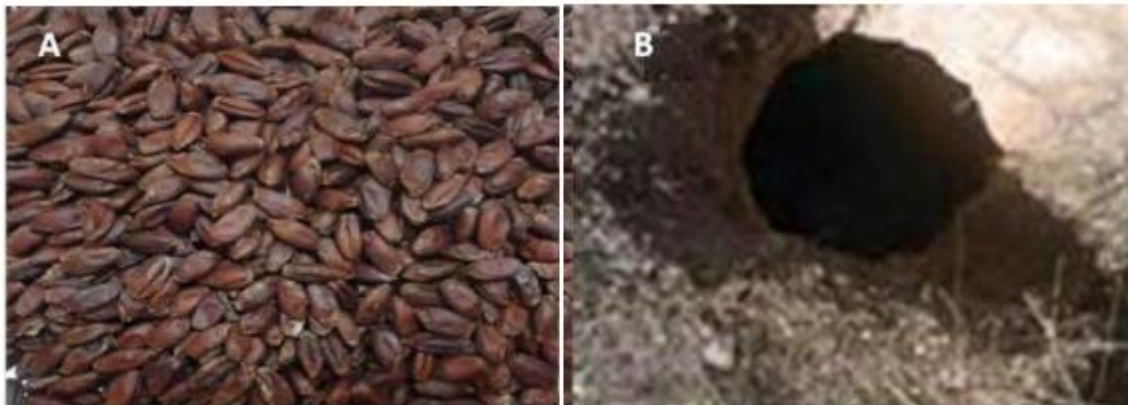


Figure 06: Blé fermenté (A) et ouverture du matmor (B) (Bekhouche et al, 2013).

III. Impact de la fermentation sur les caractères biochimiques de blé :

Pendant le stockage de blé, de nombreux changements biochimiques peuvent modifier ou abaisser la valeur nutritionnelle du produit stocké en changeant les glucides, les protéines, les lipides et les vitamines (Udayakumar, 2009).

1. Action sur les principales substances

1.1. Dégradation des glucides

Les microorganismes fermenteurs sont capables de dégrader les polymères glucidiques digestibles, y compris l'amidon et différents types de fibres, en mono et oligosaccharides (Mehta et al, 2012).

La dégradation de la cellulose est assez rare et se limite à quelques moisissures et bactéries. L'amidon est hydrolysé par l'action d'amylases présentes dans les grains et l'amylase fongique et quelques bactéries et levures, cette dégradation fait intervenir des types d'enzymes selon l'espèce :

L'alpha-amylase a une action endomoléculaire conduisant à la formation de maltose et d'une petite quantité de maltodextrine (Bacillus, nombreuses moisissures, quelques Levures), gluco-amylase qui libère des unités glucose à partir des extrémités non réductrices des polymères (moisissures, levures et des bactéries), la β -amylase qui a une action de type exomoléculaire donnant du maltose et des dextrines (Bacillus, levures et bactéries) (Guiraud, 2003).

1.2. Dégradation des protéines

Les levures et bactéries fermentatives utilisent leurs activités enzymatiques en plus des enzymes endogènes disponibles pour induire plusieurs changements dans les matières premières céréalières fermentées. Le changement dans la fermentation du levain induit par le pH peut catalyser l'action de certaines enzymes comme les protéases céréalières dégradant la prolamine endogène et améliorer l'hydrolyse des gliadines, gluténines, glutamines, globulines.

Les diverses activités protéolytiques par fermentation hydrolysent les protéines pour produire des acides aminés libres, qui agissent comme précurseurs de saveur, tandis que la fermentation bactérienne augmente les teneurs en acides aminés libres dans la pâte, les levures consomment des acides aminés libres pour leur propre métabolisme (**Mehta et al**, 2012). Les espèces protéolytiques les plus connues sont les Bacillus, les Proteus, les Streptomyces, etc. (**Guiraud**, 2003).

1.3. Dégradation des lipides

Les lipides des grains et notamment les triglycérides sont hydrolysés en glycérol et acides gras, grâce à des enzymes exo ou endocellulaires appelées lipases, que l'on rencontre chez les moisissures (Rhizopus, Aspergillus, Geotrichum, Penicillium), des levures (Candida, Pichia) et certaines bactéries (Bacillus).

Les acides gras sont dégradés chez les microorganismes aérobies et Synthèse bibliographique 17 aéro-anaérobies par la β -oxydation (**Guiraud**, 2003). L'évolution de l'acidité grasse est l'une des manifestations les plus sensibles des modifications biochimiques que subissent le blé au cours du stockage (**Feillet**, 2000).

2. Qualité nutritionnelle et digestibilité

La fermentation lactique est fortement recommandée, car elle diminue considérablement la viabilité des germes nocifs. **Svanberg** et **Sandberg** (1989) ont étudié la disponibilité du fer. On sait que dans certaines graines, le contenu en acide phytique a pour effet de complexer les minéraux et les immobiliser.

Des études ont montré l'effet très significativement positif de la fermentation lactique sur la disponibilité du fer, avec comme corrélation la diminution des phytates (**Raimbault**, 1995).

3. Formation de l'arôme et de la saveur

L'analyse bibliographique montre que très peu de travaux ont été consacrés à l'étude des composés aromatiques volatils des aliments amylacés et fermentés.

L'acétoïne et ses dérivés ainsi que certains composés aromatiques (acétate d'isoamyle, acétate d'éthyle, et acétoïne, etc.), les principaux composés volatiles identifiés, dans la pâte de maïs fermenté proviendraient de l'action des bactéries lactiques et donneraient aux produits ses caractéristiques (Yao et al., 2009).

4. Préservation et innocuité de l'aliment

La fermentation est une méthode de conservation des aliments. Les bactéries lactiques produisent plusieurs composés antimicrobiens naturels, à savoir des acides organiques, le dioxyde de carbone et des bactériocines (Messens et Devuyst, 2002).

La production d'acides organiques au cours de la fermentation entraîne une réduction importante du pH, qui associée à la formation de composés antimicrobiens détermine la stabilité microbienne des produits ainsi que la motilité des bactéries pathogènes et d'autres microorganismes nuisibles (Raimbault, 1995).

Les bactéries lactiques appartiennent à un groupe de bactéries bénéfiques, qui se trouvent partout dans la nature ainsi que dans le système digestif de l'homme. Depuis des millénaires, elles sont utilisées dans l'alimentation humaine. Actuellement, dans l'industrie agroalimentaire, les bactéries lactiques occupent une place importante parmi les auxiliaires de fabrication ; elles sont surtout connues pour le rôle qu'elles jouent dans le secteur laitier (**Moraes et al**, 2010), elles sont utilisées également dans le saumurage des légumes, les salaisons des viandes et des poissons, ainsi qu'en boulangerie et dans la fabrication du vin. Elles disposent généralement du statut GRAS (**Vescovo et al**, 1996).

I- Caractéristiques principales :

Découvertes en 1782 par le chimiste suédois Scheele (**Thonart**, 1997), les bactéries lactiques sont en général des micro-organismes Gram positifs, immobiles, sporulés, anaérobies ou aérobies, dépourvus de cytochromes-oxydase, de catalase et de nitrate-réductase. Cependant, certaines souches sont pseudocatalases (**Robert**, 2006).

Les bactéries lactiques colonisent de nombreux produits alimentaires tels que les produits laitiers, la viande, les végétaux, et les céréales et font partie de la flore intestinale et vaginale humaine ou animale (**Dortu & Thonart**, 2009). Leur forme peut être coccoïde, coccobacillaire, ou bacillaire.

Elles sont généralement mésophiles avec une température optimum de croissance entre 20° C et 30°C ou thermophiles entre 30°C et 45°C.

La majorité de souches se développent à pH 4,0-4,5, certaines sont en activité à pH 9,6 et d'autres à pH 3,2 (**Jozala et al.**, 2005; **Carr et al.**, 2002; **Kotelnikova et Gelfand**, 2002). Sur la base des caractéristiques fermentaires, les bactéries lactiques sont homofermentaires ou hétérofermentaires (**Björkroth et Holzapfel**, 2003; **Hammes et Hertel**, 2003);

Dans le premier cas, seul l'acide lactique est produit, dans le second, en plus de l'acide lactique sont produits de l'acide acétique, de l'éthanol, du dioxyde de carbone et de l'acide formique (**Holzapfel et al.**, 2001; **Axelsson**, 2004).

II- Classification :

La première classification des bactéries lactiques basée sur les propriétés observables à savoir les propriétés morphologiques, biochimiques et physiologiques a été établie en 1919 par **Orla-Jensen**; Cette classification a été complétée par la taxonomie moléculaire. Selon la taxonomie courante, le groupe de bactérie lactiques engloberaient 35 genres bactériens (**Ludwig et al**, 2009) par contre les principaux genres sont: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Oenococcus*, *Weissella*, *Aerococcus*, *Tetragenococcus* et *Vagococcus* (**Stiles et Holzapfel**, 1997; **Axelsson**, 2004). Tous les principaux genres appartiennent au même phylum, classe et ordre, seules les familles et les genres qui se diffèrent. Phylum: Firmicutes, classe: Bacilli, ordre: Lactobacillales (**Dortu & Thonart**, 2009).

Tableau 03: Propriété générale des genres de bactérie lactiques (**Axelsson**, 2004).

Genres	Morphologie cellulaire	Types fermentaire	Croissance à température		Croissance en présence d'NaCl		Croissance à pH		Isomère d'acide lactique
			10C°	45C°	6,50%	18%	4,4	9,6	
<i>Lactobacillus</i>	Bâtonnet	Homo/Hétéro	±	±	±	-	±	-	D,L,LD
<i>Lactococcus</i> ,	Cocci	Homo	+	-	-	-	±	-	L
<i>Leuconostoc</i>	Cocci	Hétéro	+	-	±	-	±	-	D
<i>Oenococcus</i> ,	Cocci	Hétéro	+	+	±	-	±	-	D
<i>Pediococcus</i>	Cocci ;tetrad	Homo	±	±	±	-	+	-	D,L,LD
<i>Streptococcus</i>	Cocci	Homo	-	+	-	-	-	-	L
<i>Tetragenococcus</i>	Cocci ;tetrad	Homo	+	-	+	+	-	+	L
<i>Aerococcus</i>	Cocci ;tetrad	Homo	+	-	+	-	-	+	L
<i>Carnobacterium</i> ,	Bâtonnet	Hétéro	+	-	-	-	-	-	L
<i>Enterococcus</i> ,	Cocci	Homo	+	+	+	-	+	+	L
<i>Vagococcus</i>	Cocci	Homo	+	-	-	-	±	-	L
<i>Weissella</i> ,	Cocci	Hétéro	+	-	±	-	±	-	D,L,LD

- (1) Les espèces de *Lactobacillus* peuvent être Homofermentative, hétérofermentative, ou les deux;
 (2) Ce phénotype est variable, selon les espèces;
 (3) Certains espèces produits D-, L-, ou une mixture de D- et L- acide lactique;

1. Activité protéolytique

La protéolyse des bactéries lactiques est considérée comme l'un des plus importants processus biochimiques impliqué dans la fabrication de nombreux produits fermentés (**Belkaaloul et al., 2010**), indépendamment de la contribution des enzymes protéolytique et peptidolytique des bactéries lactiques aux propriétés organoleptiques des produits fermentés comme le lait. D'autre part la protéolyse pourrait également contribue à prévenir les problèmes allergène fréquent chez les enfants de moins de 3 ans en raison d'une mauvaise digestion des protéines (**Pescuma et al, 2009**), les principaux aliments incriminés sont le lait, les œufs, le poisson, les céréales (**Sampson, 1999**).

La machinerie protéolytique des bactéries lactiques constituée d'un ensemble d'enzymes qui différent par leur mécanisme catalytique, leur spécificité, leur localisation cellulaire et leur rôle (**Donkor et al, 2007 ; Monnet et al, 2008**). Cette activité assure leur croissance dans des milieux à faibles concentrations en acides aminés libres et oligopeptides comme le lait (**Axelsson, 2004**).

Ce système comprend des protéases situées à la surface cellulaire pour briser la caséine en oligopeptides; des protéinases intracellulaire et peptidases intracellulaires pour l'hydrolyse des oligopeptides aux acides aminés (**Chedid, 2007; Roudj et al, 2009**).

2. Activité lipolytiques

Les bactéries lactiques possèdent des enzymes lipolytiques, capable d'hydrolyser une multitude d'esters, d'acides gras, des substrats de tri-, di-, mono acylglycérols (**Liu et al., 2001; Serhan et al., 2009**), les acides gras libres sont des précurseurs importants des réaction cataboliques, qui produisent des composés volatils et contribuent a la saveur des produits, cependant, ces réaction métaboliques ne sont pas très bien maitrisées (**Bridget et al., 2011; Béal et al., 2008**).

Les espèces appartenant aux genres *Lactococcus* et *Lactobacillus* sont généralement considérées comme ayant une activité lipolytiques faible, en comparaison avec d'autres espèces comme *Pseudomonas*, *Flavobacterium* (Chammas, 2006).

3. Activité acidifiante

Activité acidifiante est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques, dans la fabrication des produits fermenté, sont responsables de la production d'acides lactique résultant de l'utilisation des hydrates de carbone et par conséquent la chute du pH du l'aliment (Hugas *et al*, 1997; Klingberg *et al*, 2005; Visessanguan *et al*, 2006).

Cette coagulation est l'accumulation des acides organiques inhibe la croissance des bactéries pathogènes et celle de la flore d'altération du l'aliment. Enfin, la maturation du produit (Hugas *et al*, 1997; Bridget *et al*, 2011).

III- Intérêts des bactéries lactiques :

En industrie agro-alimentaire, les bactéries lactiques sont employées pour aider à la fois à la fabrication et à la conservation des produits à partir de certaines matières premières telles que le lait, la viande, le poisson, les végétaux et les céréales.

Eu égard à leur pouvoir acidifiant, leur capacité à améliorer la flaveur et la texture des aliments, les bactéries lactiques sont de loin des agents d'amélioration de la qualité organoleptique des aliments (Lee *et al*, 2006; Kaktcham *et al*, 2012).

Les protéines et les acides aminés libérés dans la pâte au cours de la fermentation panair jouent un rôle dans l'apparition d'arômes caractéristiques (Labioui, 2005).

La protéolyse dépend du temps de la fermentation, de la température, des espèces bactériennes et de la richesse de la farine en protéines (Cintas *et al*, 1998; Ayad *et al*, 2004).

Dans le domaine de la santé, certaines bactéries lactiques spécifiques sont utilisées comme probiotiques (**Bensoltane et al., 2005; Saidi et al., 2002; Gill et Halley, 2003; Guessas et al., 2006; Al-Allaf et al., 2009; Seiladie et al., 2011**), et dans le traitement de certaines affections telles que les diarrhées, les allergies alimentaires, l'intolérance au lactose et l'hypercholestérolémie (**Smith et Palumbo, 1983; Andersson, 1986; Adams et Hall, 1988; Raccach et al., 1989; Berry et al., 1995**).

Les mécanismes antimicrobiens spécifiques des bactéries lactiques exploitées dans la biopréservation des nourritures incluent la production des acides organiques, du peroxyde d'hydrogène, de l'anhydride carbonique, du diacétyle, des antimicrobiens à large spectre tels que la reutéline et la production de bactériocines (**de Vuyst et Vandamme, 1994 b; Stiles, 1996; Jacobsen et al, 2003; Vermeiren et al, 2004**).

IV- Propriétés antimicrobiennes des bactéries lactiques :

Les propriétés antimicrobiennes des bactéries lactiques peuvent être associées à de nombreux éléments. Elles résultent de l'effet combiné de différents facteurs biologiques provenant de leurs activités métaboliques (**Zhennai, 2000; Oyetayo et al., 2003; Deegan et al., 2006; Maria et Janakiraman, 2012**).

1. Peroxyde d'hydrogène

Les bactéries lactiques ne possèdent pas de catalase typique pour dégrader le peroxyde d'hydrogène en oxygène et en eau. Il peut s'accumuler et être inhibiteur de différents micro organismes par l'oxydation des lipides membranaires et la destruction des structures des protéines cellulaires (**Zalan et al, 2005**).

La concentration de peroxyde d'hydrogène produite par des Lactobacilli varie en fonction de l'espèce, de la souche et des conditions de cultures (**Sakamoto et al, 1998; Kullisaar et al., 2002; Zalan et al., 2005**).

2. Dioxyde de carbone

Celui-ci est formé pendant la fermentation hétérolactique et crée un environnement anaérobie qui inhibe les microorganismes aérobies. L'accumulation de dioxyde de carbone dans la bicouche lipidique peut causer un dysfonctionnement de la perméabilité (**Ammor et al**, 2006).

3. Diacétyl

Il est synthétisé par différents genres de bactéries lactiques comme *Lactococcus* sp. *Leuconostoc* sp. *Lactobacillus* sp, et *Pediococcus* sp. Le diacétyl (C₄H₆O₂) a des propriétés antimicrobiennes qui sont dirigées contre les levures, les bactéries Gram- négatif et les bactéries Gram+ positif non lactiques (**El Ziney et al.**, 1998).

4. Reutérine

La reutérine (ou 3-hydroxypropionaldehyde) est une substance antimicrobienne qui est produite comme métabolite intermédiaire pendant la fermentation anaérobie du glycérol par certaines espèces de *Lactobacillus* ainsi que par d'autres genres bactériens non lactiques tels que *Bacillus*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Clostridium* (**Vollenweider**, 2004).

5. Bactériocines

Les bactériocines sont des protéines, ou complexes de protéines avec une activité bactéricide contre les espèces proches de la souche productrice (**Benkerroum**, 1993).

Les bactériocines représentent une large classe de substances antagonistes qui varient considérablement du point de vue de leur poids moléculaire, de leurs propriétés biochimiques, de leur spectre d'action et de leur mode d'action (**Klaenhammer**, 1988).

V- Propriétés anticancéreux des bactéries lactiques« effet probiotiques » :

Le terme probiotiques dérive des deux mots grecs « pros » et « bio » qui signifient littéralement « pour la vie » contrairement au terme antibiotiques signifiant « contre la vie » (**Soomro et al., 2002; O'May et Macfarlane, 2005 Seiladie et al., 2011**). Il est généralement admis qu'un probiotique est une préparation d'un ou plusieurs micro-organismes vivants qui, administrée à l'Homme ou l'animal, engendre des effets bénéfiques en améliorant les propriétés de la flore endogène (**Havenaar et al., 1992**).

Les bactéries lactiques présente un certain nombre d'avantages dus à leur propriétés métaboliques et probiotiques comme l'on montré de nombreuses équipes (**Salminen et Ouwehand, 2004; Guessas et Kihal, 2004**). En 1905 **Metchnikoff** a postulé que les bactéries impliquées dans la fermentation du yaourt jouent un rôle important dans le maintien de la santé humaine comme bifidobacterium (**Mills, 2004; Georges et Francois, 2008**).

La microflore peut influencer la carcinogénèse intestinale en produisant des enzymes (glycosidases, B-glucuronidase, azoréductases et nitroréductases) qui transforment des prés carcinogènes en carcinogènes actifs mais certains microorganismes de la flore pourraient avoir un rôle protecteur comme *Lactobacillus Acidophilus* et *Lactobacillus case* diminuaient significativement l'activité des glucuronidase, nitroréductases et azoréductases (**Ling et al, 1994; Burns et Rowland, 2000**).

Les bactéries lactiques qui on un effet probiotiques auraient un effet positif sur le traitement du cancer du colon (**Bensoltane et al., 2004**) comme *Lactobacillus acidophilus*, *L.casei*, *Bifidobacterium bifidum*, *B. longum* (**Conway et al., 1998**).

Tableau 04: Effets rapportés des bactéries probiotiques sur la santé.

Effets rapports	Espèce probiotique
-Modulation du système immunitaire	<i>-L. acidophilus, L. casei, L plantarum.</i>
-Equilibre de microflore intestinal	<i>-L. acidophilus, L. casei, Bifidobacterium bifidum.</i>
-Réduction des carcinogénèses (enzyme)	<i>-L plantarum.</i>
-Activité anti tumorale	
-Prévention de la diarrhée du voyage	<i>-Saccharomyces Spp, Streptococcus thermophilus.</i>
-Prévention de la diarrhée du rota virus	<i>-L. acidophilus, L. rhamnosus, Bifidobacterium</i>
-Prévention des autres diarrhea	<i>bifidum.</i>

PARTIE II
ETUDE
EXPERIMENTALE

Méthode d'étude et Matériel biologique:

Dans cette partie sont décrites d'une part l'enquête sur le blé fermenté et d'autre part la préparation des échantillons, ainsi que l'analyse sensorielle du biscuit à base de BFH.

I- Objectif :

Préparer des biscuits au BFH avec trois concentrations différentes (20%, 35%, 50%) et les cuire à trois températures (45°C, 75°C, 100°C).

II- Enquête sur le BFH :

En Algérie, le blé était historiquement conservé dans des silos souterrains appelés matmora. Suite à l'infiltration accidentelle des eaux de précipitation dans le matmor, les grains de blé humidifiés ou inondés, en périphérie et en profondeur du silo, subissent une fermentation spontanée. La présence d'humidités, de température non contrôlée et l'absence d'air créent dans le matmor, engendrent les phénomènes de fermentation d'origine microbienne qui peuvent durer plusieurs années (\leq neuf années).

Le blé sur lequel nous avons travaillé est récupéré dans la région de Relizane, Il est de couleur brun foncé et à un arôme prononcé.

III- Préparation des échantillons :**1. Matière première (BFH)**

Après fermentation du blé en matmor, il est extrait et séché à l'ombre. Ensuite, nous avons moulu le BFH à deux fois, la 1^{er} avec broyeur manuel et convertissez-le en blé concassé. Ensuite, la 2^{ème} avec broyeur électrique et convertissez-le en poudre qui est inclus dans la recette.

2. Pétrissage

Nous mélangeons les ingrédients pour obtenir trois échantillons, et chaque échantillon a une concentration spécifique de poudre de BFH (20%, 35%, 50%). Nous cuisons les échantillons au l'étuve à trois différentes températures (45°C, 75°C, 100°C). (Tableau 05)

3. Étude du rendement

-Échantillon cuit à 45°C pendant 24 heures.

-Échantillons cuits à 75° C pendant 12 heures.

-Échantillons cuits à 100° C pendant 2 heures.

IV. Analyse sensorielle du biscuit

Les analyses sensorielles ont été réalisées en trois tests ; la forme, la couleur et l'odeur.

La forme du biscuit a été organisée après qu'il a pris la consistance avec les caissettes, tandis que c'était trois couleurs nuances de brun pour un biscuit selon la concentration de BFHA. L'odeur des biscuits était différente, distinctive et attrayante.

Tableau 05: Classement des échantillons des biscuits avec les concentrations de BFHA et les températures de cuisson.

P% BFA T° c	50%	35%	20%
100°	9 Ech	9 Ech	9 Ech
75°	9 Ech	9 Ech	9 Ech
45°	9 Ech	9 Ech	9 Ech

Techniques analytiques**I- Détermination de la teneur en matière sèche (AFNOR, 1985)**

La teneur en matière sèche de l'échantillon est déterminée en séchant 5g de produits à l'étuve réglée à une température de 105°C.

Méthode :

La première étape consiste à peser la matière brute. Pour ce faire, on pèse 5g de chaque échantillon à l'aide d'une balance de précision. L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé préalablement.

La deuxième étape fera l'objet de déshydratation de l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 24h).

Après 24 heures, les creusets seront refroidis dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite.

En ce qui concerne le calcul :**Après séchage :**

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{MS (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$\text{MS (\%)} = (\text{MS(g)} / \text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante

$$\text{Teneur en eau (\%)} = 100 - \text{MS (\%)}$$

II- Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR ; 1985)

La teneur en cendres de l'aliment est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par l'incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures.

La teneur en matières minérales de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

$$\text{MM (g)} = (\text{Poids du creuset contenant les cendres} - \text{poids du creuset vide})$$

Calcul de la matière minérale en % :

$$\text{MM (\%)} = (\text{MM(g)} / \text{M}_1 - \text{M}_2) \times 100$$

Avec :

M₁ : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

M₂ : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

Détermination de la matière organique

$$\text{MO (\%)} = \text{MS (\%)} - \text{MM (\%)}$$

III. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des polyphénols a été faite selon la méthode de **Soltana *al.*** 2009(avec quelques modifications).

Des cookies ont été préparées et cuites avec différentes quantités de BF (20%; 35%; 50%) et différentes températures de cuisson (100°C; 75°C; 45°C) et ensuite ont été broyées à l'aide d'un mortier.

Ces dernières, ont été trempées dans un flacon qui contient un mélange de l'éthanol et de l'eau distillée (80 :20), ce mélange a été utilisé comme solvant d'extraction de polyphénols, le flacon est placé sur un agitateur pendant 6h, puis l'extrait a été filtré avec papier whatman n°01. Le filtre est prés d'être utilisé pour le dosage.

1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été fait selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de phénols totaux présents dans l'extrait analysé (**Boizot et Charpentier**, 2006).

La teneur des polyphénols totaux contenus dans les extraits des biscuits à base de BFH a été déterminée suivant la méthode décrite par Miliuskas et *al.*, (2004). Cette méthode consiste à mélanger un volume de 1ml d'extraits (1mg/ml) avec 5ml de Folin-Ciocalteu (2M) dilués 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4ml de carbonate de sodium à concentration de 75 g/l ont été additionnés. Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 0 à 100µg/ml. Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 765nm contre un blanc (eau distillée) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (**Jenway 6715**).

Les teneurs en polyphénols totaux ont été exprimées en milligramme équivalent standard (acide gallique) par gramme de matière fraîche (mg EAG/g). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata.

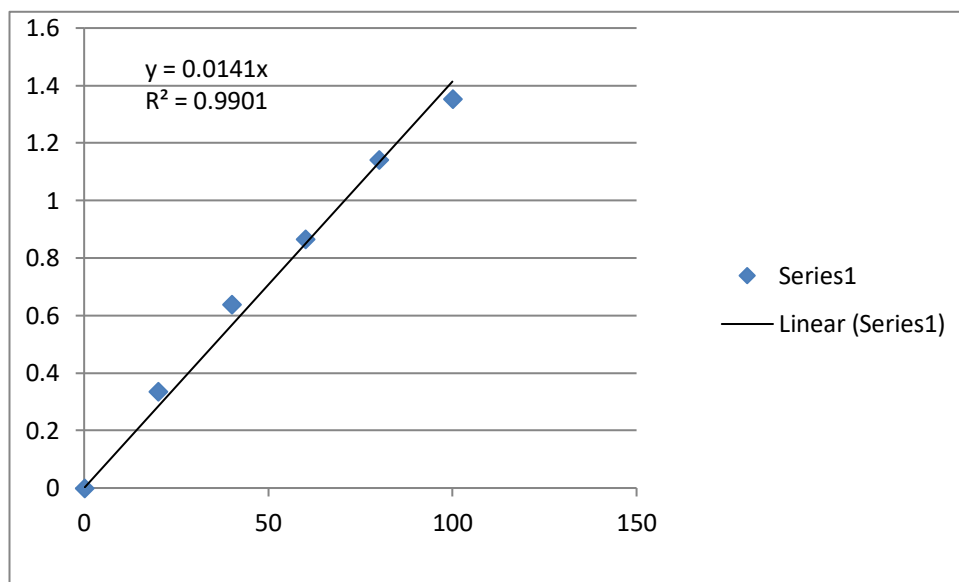


Figure 06: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Tableau 06: Résultats du dosage des polyphénols.

	20%BF 100°C	20%BF 75°C	20%BF 45°C	35%BF 100°C	35%BF 75°C	35%BF 45°C	50%BF 100°C	50%BF 75°C	50%BF 45°C
ME 01	0,181	0,281	0,281	0,27	0,525	0,404	0,354	0,795	0,495
ME 02	0,17	0,289	0,292	0,276	0,486	0,405	0,348	0,795	0,485
ME 03	0,166	0,306	0,275	0,26	0,555	0,396	0,355	0,756	0,454
y=0,014x	12,31	20,86	20,19	19,19	37,29	28,69	25,17	55,86	34,14
QPT mgEAG/gES	1,231	2,086	2,019	1,919	3,729	2,869	2,517	5,586	3,414

ME : mesure d'échantillon, EAG : équivalent d'acide gallique, ES : extrait sec.

Résultats et discussions

I- Matière sèche :

Les résultats de la matière sèche sont illustrés dans le tableau 07 et la figure 07

Tableau 07: matières sèches des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
95,8±0 a	94,93±0,11 a	93,4±0,69 c	95,8±0,2 a	94,2±0,2 b	93±0,4 c	95±0,52 a	93,6±1,92 c	92,73±0,11 c

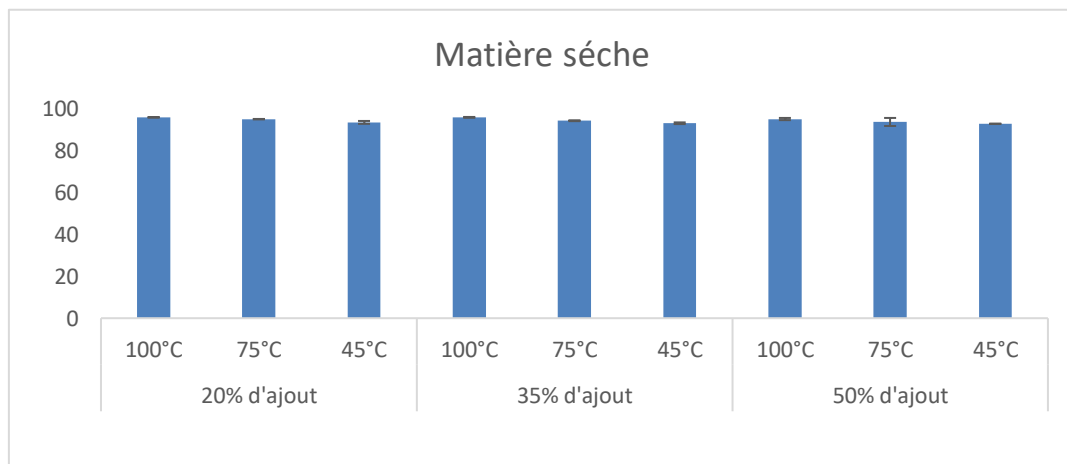


Figure 07: Histogramme de matière sèche des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

D'après nos résultats, nous avons observé une différence significative des teneurs en matières sèches des blés fermentés, les cookies à 20% de Hamoum montrent une teneur en matière sèche très importante par rapport aux autres concentrations.

La température de cuisson influence les teneurs en matières sèches, nous avons remarqué que les cookies cuits à 100°C présentent des teneurs différentes significativement ($p < 0.05$) par rapport aux cookies cuits avec des températures inférieures (95.8% vs 93.4%) respectivement.

L'échantillon témoin présente des teneurs en matière sèche avoisinant les 93%.

II- Matière minérale :

Les résultats de la matière minérale sont illustrés dans le tableau 08 et la figure 08.

Tableau 08: matières minérale des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
2,13±0,23 ^b	2,26±0,7 ^b	2,33±0,5 ^b	2,73±0,3 ^b	2,53±0,3 ^b	3,6±0,34 ^a	3,26±0,64 ^a	3,73±0,8 ^a	3,13±0,23 ^a

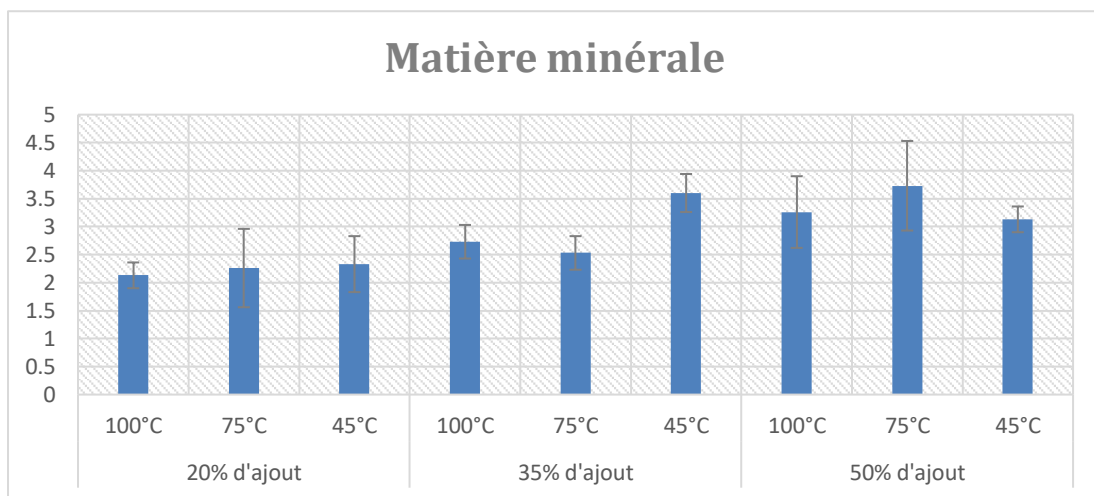


Figure 08: Histogramme de matière minérale des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

D'après nos résultats, nous avons observé que plus la quantité de blé fermenté dans les cookies est élevée, plus le pourcentage de matière minérale est élevé (2.13% VS 3.73%).

L'échantillon témoin présente des teneurs en matière sèche avoisinant les 2.13%.

III- Matière organique :

Les résultats de la matière organique sont illustrés dans le tableau 09 et la figure 09.

Tableau 09: matières organique des gâteaux préparés à base de blé fermenté

20% d'ajout			20% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
93,67±0,2	92,67±	91,07±	93,07±0,	91,67±0,	89,4±0,7	92,74±0,4	89,87±1,2	89,6±0,
3 ^a	8 ^b	3 ^c	1 ^a	3 ^c	2 ^d	1 ^b	8 ^d	2 ^d

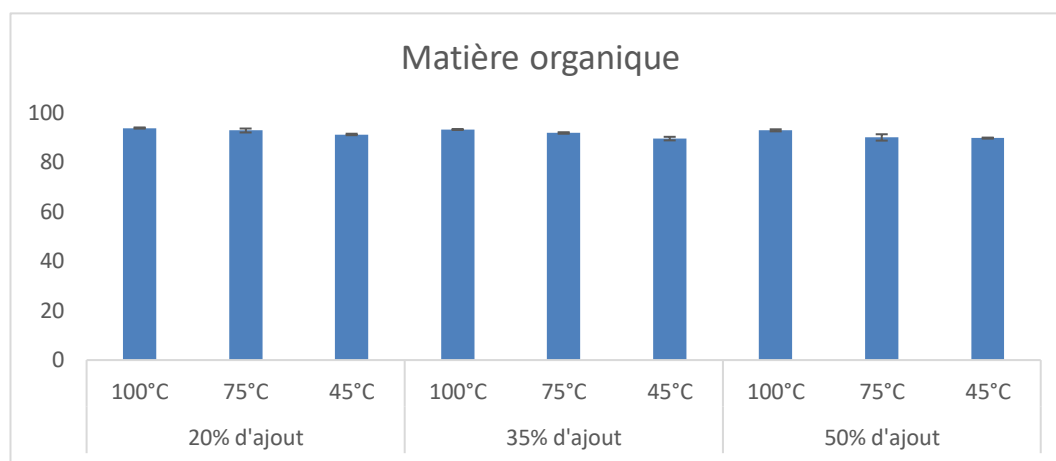


Figure 09: Histogramme de matières organique des gâteaux préparés à base de blé fermenté

D'après nos résultats, nous avons remarqué que plus la quantité de blé fermenté dans les biscuits est faible, plus le pourcentage de matière organique est élevé, les cookies à 20% de Hamoum montrent une teneur en matière organique très importante par rapport aux autres concentrations (93.67% VS 93.07% VS 92.74%).

Nous avons remarqué que les cookies cuits à 100°C présentent des teneurs différentes significativement par rapport aux cookies cuits avec des températures inférieures (93.67% VS 91.07%) pour 20%BF.

L'échantillon témoin présente des teneurs en matière sèche avoisinant les 89.6%.

IV- Phénols totaux :

Les résultats de Phénols totaux sont illustrés dans le tableau 10 et la figure 10.

Tableau 10: Phénols totaux des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
0,17±0,0	0,29±0,0	0,28±0,00	0,26±0,00	0,52±0,0	0,4±0,00	0,35±0,00	0,78±0,0	0,47±0,0
8 ^e	1 ^e	9 ^e	8 ^e	3 ^b	5 ^c	4 ^d	2 ^a	2 ^c

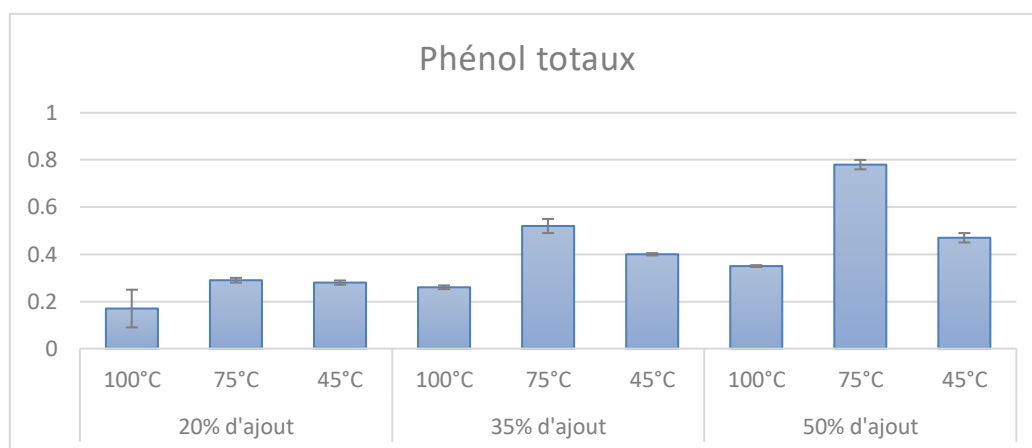


Figure 10: Histogramme de phénols totaux des gâteaux préparés à base de blé fermenté.

D'après nos résultats, les teneurs en polyphénols totaux des différentes fractions varient selon les pourcentages d'intégration des blés fermentés.

La concentration la plus élevée des phénols a été mesurée dans les extraits qui étaient à une température de 75°C, par rapport aux extraits qui étaient à une température de 100°C et 45° (100°C < 45°C < 75°C).

L'échantillon témoin présente des teneurs en polyphénols avoisinant les 0.17%.

Les résultats analyses sensoriels :

Les résultats sensoriels de chaque critère sont illustrés dans les tableaux et dispositions graphiques.

1. Couleur

Tableau 11: Les estimations de satisfactions de couleur des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
6,2±2,25	6,3±2,06	6,5±2,07	6,1±2,13	6,1±2,28	5,5±2,07	4,8±2,1	5,7±2,21	4,9±2,03
a	a	a	a	a	b	c	b	c

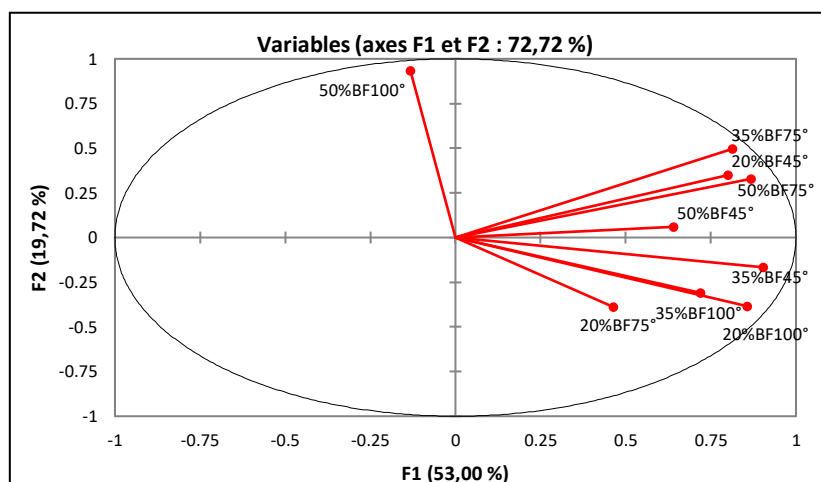


Figure 11: Analyses en composantes principales de la couleur des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

L'étude révèle que couleur des échantillons de 20% de blés fermentés cuits à 75°C est plus appréciée par rapport aux échantillons de 50% d'intégration cuite à 100°C. Les autres échantillons ont reçu différents degrés d'approbation.

2. Odeur

Tableau 12: Les estimations de satisfactions de l'odeur des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
5,5±1,78	5,9±1,97	5,9±2,23	5,8±2,2	5,6±1,51	5±1,63	4,3±1,57	4,8±2,04	3,8±1,81
a	a	a	a	a	a	b	b	c

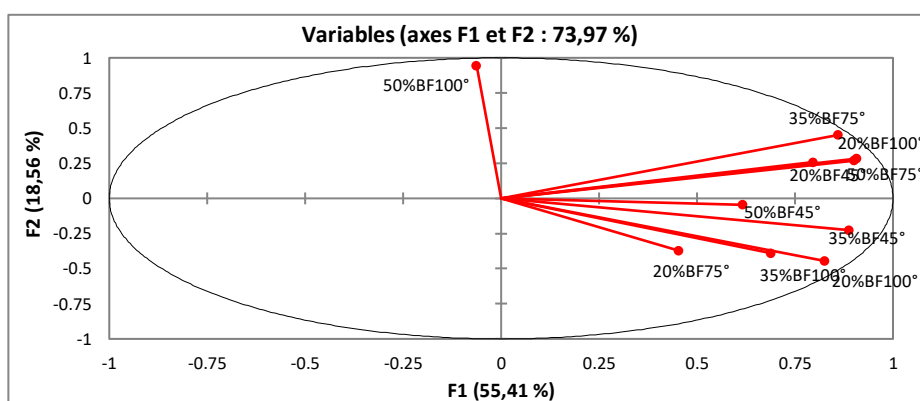


Figure 12: Analyses en composantes principales de l'odeur des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

L'étude révèle qu'odeur 20% acceptée par rapport 50% (5.9 VS 3.8). D'autres ont reçu différents degrés d'approbation, et les autres prendre à peu pris même sens.

3. Texture

Tableau 13: Les estimations de satisfactions de texture des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
3,5±1,43	3,6±1,35	5,1±2,13	5,9±1,79	5,6±1,35	5,4±1,71	4,4±1,71	5,7±2,16	4±1,82
c	c	c	a	a	a	b	a	c

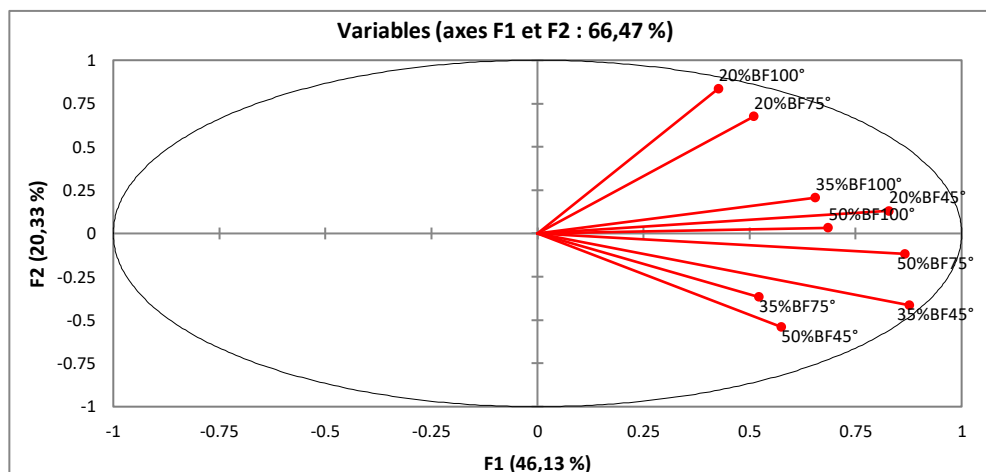


Figure 13: Analyses en composantes principales de la texture des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

L'étude statistique montre que 35% de texture a obtenu la meilleure évaluation par rapport aux autres concentrations, où 35%-100°C a obtenu la note la plus élevée, par contre 100°C-20% (5.9 VS 3.5).

4. Gout

Tableau 14: Les estimations de satisfactions de gout des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
6,2±2,1	5,8±1,48	6,1±2,23	5,7±2,87	6,3±2,54	5,1±2,18	4,7±1,89	6,3±2,31	4,4±2,22
a	b	a	b	a	b	c	a	c

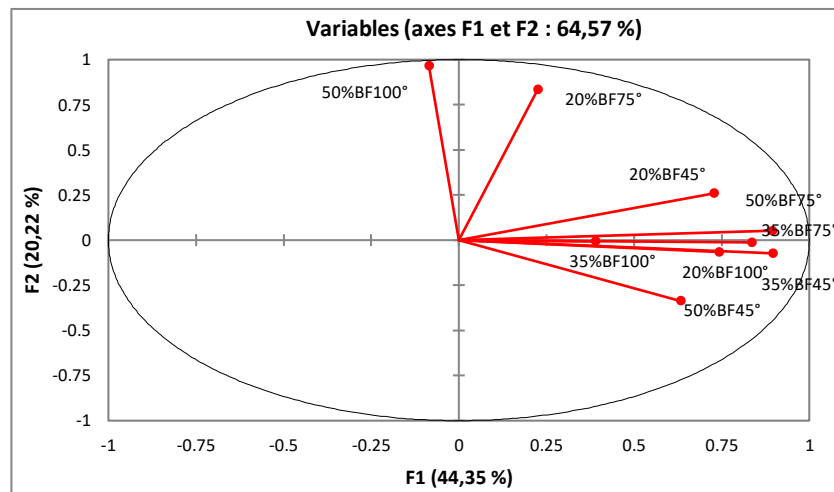


Figure 14: Analyses en composantes principales de gout des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

L'étude révèle que tous les échantillons sont très similaires dans l'estimation, où gout de 20%-100°C/ 35%-75°C/ 50%-75°C a culminé dans l'acclamation dégustant par rapport 50%-100°C et 45°C. (6.3 VS 4.4)

5. Arrière gout

Tableau 15: Les estimations de satisfactions d'arrière gout des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
4,9±1,6 b	5,1±2,28 a	5±2,21 a	4,9±2,96 b	4,7±1,64 b	4,3±2 b	3,5±1,43 c	5,7±2,11 a	4,2±1,75 b

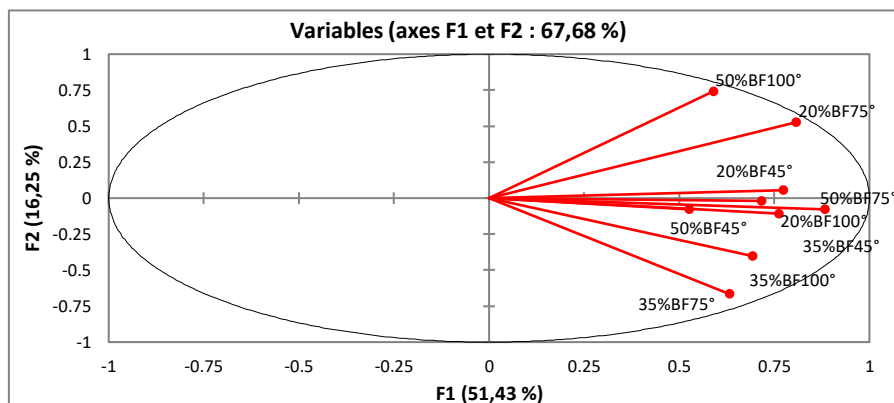


Figure 15: Analyses en composantes principales d'arrière gout des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

L'étude a révélé que tous les échantillons sont similaires, avec des estimations moyennes, avec des différences mineures. Où arrière gout 50%-(45°C/100°C) non accepté par rapport les autres. (5.7 VS 3.5)

6. Croustillance

Tableau 16: Les estimations de satisfactions de croustillance des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
3,3±1,89	3,5±1,72	4,4±1,35	4,8±2,3	4,8±2,57	5±2	4,2±1,23	5,2±2,44	4,6±2,22
c	c	b	b	b	a	b	a	b

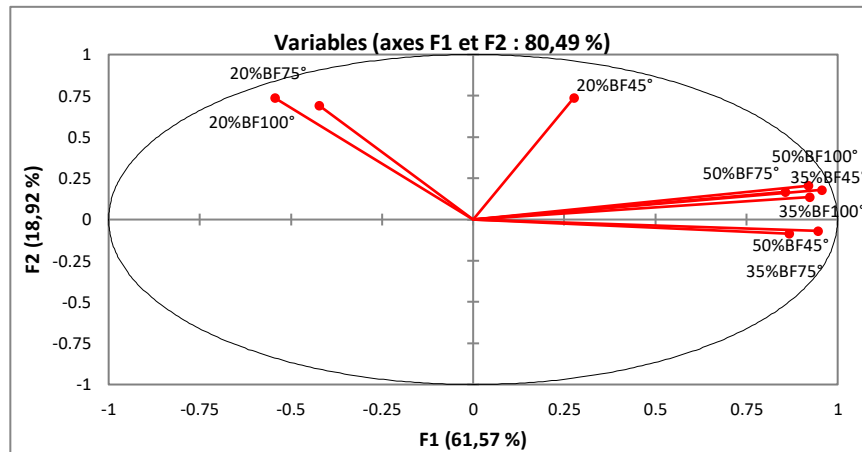


Figure 16: Analyses en composantes principales de croustillance des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

L'étude a révélé que tous les échantillons sont similaires, avec des estimations sous moyennes, où Croustillance c'était le moins, tandis qu'attrayant par rapport aux autres 50%-75°C la seule qui dépasse estimations moyennes. (5.2 VS 3.3)

7. Attractivité

Tableau 17: Les estimations de satisfactions d'attractivité des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

20% d'ajout			35% d'ajout			50% d'ajout		
100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C	100°C	75°C	45°C
5,3±1,95 a	4,8±1,69 b	4,7±1,49 b	5,4±2,8 a	5,4±1,27 a	4,3±1,42 b	3,6±1,17 c	4,9±1,37 b	4,8±1,14 b

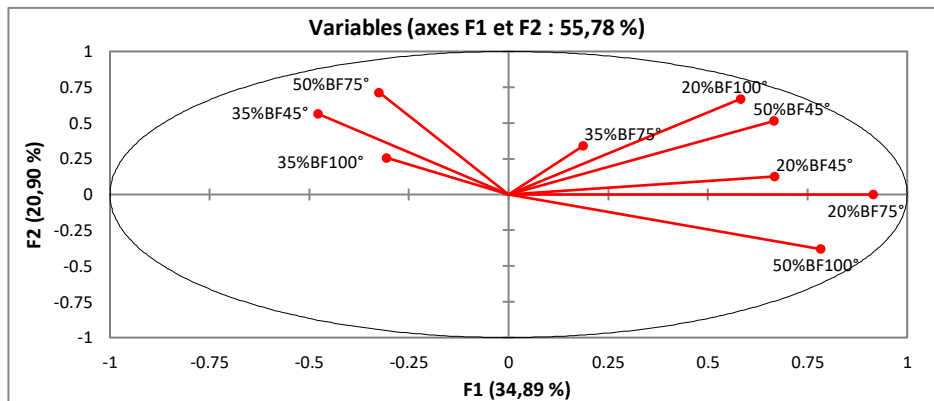


Figure 17: Analyses en composantes principales d'attractivité des différents pourcentages de blé fermenté ajouté.

L'étude statistique montre qu'attractivité des échantillons a été bien, Où il a marqué que 35%-100°C et 75°C plus haut estimations (5.4 VS 3.6).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion Générale

Conclusion :

Le « Hamoum » est un blé fermenté par la technique artisanale due au stockage souterrain « Matmor ». Ce produit constitue un produit terroir que nos aînés utilisaient pour leur consommation, il était considéré comme un aliment aux propriétés médicinales très appréciées.

L'objectif principal de notre travail était d'étudier les effets des différentes températures de cuisson et d'intégration du blé fermenté sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques des biscuits fait maison. En raison de par la richesse du blé fermenté en bactéries lactiques et son importance, certaines études ont constaté que la fermentation du blé à l'aide de bactéries lactiques et de levures peut améliorer le contenu des polyphénols et des flavonoïdes et donc améliorer l'activité antioxydante.

S'agissant des substances antioxydantes, nous avons noté une augmentation de la teneur en polyphénols avec chaque augmentation de la quantité de BFH, les échantillons à 50 %BFH (0.35 mg EAG/g et 0.78 mg EAG/g et 0.47 mg EAG/g) avaient la teneur la plus élevée par rapport à 35% BFH (0.26 mg EAG/g et 0.52 mg EAG/g et 0.4 mg EAG/g) et 20% BFH (0.17 mg EAG/g et 0.29 mg EAG/g et 0.28 mg EAG/g). Alors que la température de cuisson était un facteur officiel et influent, lorsque toutes les quantités ajoutées (50%BFH-35%BFH-20%BFH) donnaient 75°C teneurs optimales et le plus élevé, tandis que la teneur à 45°C a été moyenne et acceptable, la teneur était minimale et peu à 100°C par rapport les d'autres échantillons.

Les résultats des analyses sensorielles, ont montré par le biais du test de classement par rang ont révélé que les biscuits à base de BFH impressionné les dégustateurs en général. Cependant, le niveau de satisfaction pour chaque critère est marqué par la variance de la part les dégustateurs, où les biscuits à 20% BFHA est la plus préféré dans côté de la couleur et l'odeur, 35%BFH-100°C quant à la texture, 35%BFH-75°C et 50%-75°C quant à le goût, 50%BFH-75°C quant à l'arrière-goût et croustillance, en fin 35%BFH-100°C/75°C quand l'attractivité.

Conclusion Générale

Au cours de ce travail, les approches expérimentales ont touché à différents axes. Nous avons conscience de la modeste part de cette contribution, elle sera complétée par d'autres études sur le côté microbiologie et les bactéries lactiques.

Références

A

Adams MR, et Hall CJ, 1988. Growth inhibition of food borne pathogens by lactic and acetic acids and their mixtures. *Int J Food Sci Technol*, 23: 287-292.

ADRIAN J., 1995. La science alimentaire de A à Z, 2^{ème} édition, Techniques et documentation. Lavoisier. Paris. 477 pages.

Al-Allaf MAH, Al-Rawi AMM, and Al-Mola AT. 2009. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from minced beef meat against some pathogenic bacteria. *Iraqi J VetSci*, 23115117.

Alves L, Xavier M. (2002). Les Céréales Cours de Bromatologie. Lyon Ecole nationale vétérinaire. En ligne.

Ammor S, Tauveron G, Dufour E, Chevallier, I. 2006. Antibacterial activity of lactic acid bacteria against spoilage and pathogens bacteria isolated from the same meat small- scale facility. *Food Control*, 17: 454-468.

Andersson R, 1986. Inhibition of *Staphylococcus aureus* and spheroplasts of Gram-negative bacteria by an antagonist compound produced by a strain of *Lactobacillus plantarum*. *Int J Microbiol*, 3: 149-160.

Axelson L. 2004. Classification and physiology in: Lactic bacteria :Microbiological and functional aspects. Salsinen S. Wright A V Ouwehand A 3^{ème} ed NewYork Marcel Dekker Inc Vol, 633-1-66

Ayad EH E, Nashat S, El-Sadek N, Metwaly H, and El -Soda M. 2004. Selection of wild lactic acid bacteria isolated from traditional Egyptian dairy products according to production and technological criteria. *Food Microbiol*, 21:715-725

B

Bartali E.H. , (1987). Underground Storage pits in morocco .Tunnelling and Underground Space Technology 2 : 381-383.

Bartali E. H., Afie S., Persoon E. (1989). Stockage des céréales dans des entrepôts souterrains. In « Céréales en régions chaudes ». John Libbey Eurotext, Paris. P 27-38

Béal C, Marin M, Fontaine E, Fonseca F, et Obert J.P. 2008. Production et conservation des ferments lactiques et probiotiques. *In* : Bactéries lactiques, de la génétique aux ferments (Corrieu G. et Luquet F.M.). Tec & Doc Lavoisier Paris, 661-765.

Bekhouche F., Merabti, R., Bailly J.D. (2013). Traditional couscous manufacture from fermented wheat (Algeria): investigation of the process and estimation of the technological and nutritional quality. *Afr J Sci Technol*. 167–175.

Belkaaloul K, Chekroun A, Ait-Abdessalam A, Saidi D, Kheroua O. 2010. Growth, acidification and proteolysis performance of two co-cultures (Lactobacillus plantarum-Bifidobacterium longum and Streptococcus thermophilus-Bifidobacterium longum). Afr J Biotechnol, 9 (10): 1463-1467.

Benkerroum N, Ghouati Y, Sandine WE, Tantaoui-Elaraki A. 1993. Methods to demonstrate the bactericidal activity of bacteriocins. *Lett Appl Microbiol*, 17 (2): 78-81.

Ben MEHEL B., BOUSBAHI S., GÉRARD, (2019). Impact nutritionnel d'un blé fermenté type Hamoum sur la translocation bactérienne intestinale chez le rat malnutri en phase de réalimentation. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, vol. 33, no 1, p. 102.

Bensoltane A, yagoubi A, Met Cheriguene A. 2004. Characterization of lactic acid bacteria isolated from traditional Algerian butter. *Egypt J A1ppl Sci*, 19 (11B), pp: 604-614.

Bonneau L. (2003). Information technique sur le blé Boulangerie.< [http: /WWW. Boulangerie. net/ MP/ Infoblefar. Html](http://WWW.Boulangerie.net/MP/Infoblefar.Html)

Bridget OO, and Lordsday CE. 2011. Phenotypic identification and technological properties of lactic acid bacteria isolated from selected commercial Nigerian bottled yoghurt. *Afr J of Food Science* Vol 5 (6): 340-348.

Burns AJ, Rowland IR. 2000. Anti-carcinogenicity of probiotics and prebiotics. *Curr Issues Intest Microbiol*, 1:13-24.

C

Chammas, G. 2006. *Caractérisation et utilisation des souches de bactéries lactiques locales dans le développement de produits laitiers fermentés au Liban.* Thèse doctorat, INAPG, 222.

Chedid, M. 2007. *Qualités physicochimique et microbiologique de produits laitiers caprins traditionnels libanais.* Mémoire de fin d'études, Université Libanaise, Faculté d'Agronomie.

Cintas LM, Casaus P, Holo H, Hernandez PE, Nes IF, et Havarstein LS. 1998. Enterocins L50A and L50B two novel bacteriocins from *Enterococcus faecium* L50, are related to staphylococcal hemolysins. *J Bacteriol*, 180: 1988-1994.

Conway PL. 1996. Selection criteria of probiotic microorganisms. *Asia Pacific J Clin Nutr*, 5:10 -14.

Cruz J. F., Diop A. (1989). Génie agricole et développement : techniques d'entrepôts. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et Agricultures. Rome. P 126.

Cruz JF, Troude T, Griffon D, et Hebert JP. (1988). Conservation des grains dans les régions chaudes. 2 eme Ed Paris France. Techniques rurales en Afrique. Ministère de la coopération et du développement, pp: 545.

CZARNES S, HILLER S, DEXTER AR, HALLETT PD, BARTOLI F., 1999. Root: soil adhesion in the maize rhizosphere: the rheological approach. *Plant and Soil* 211, 69-86.

D

Deegan LH, Cotter PD, Hill C, et Ross P. 2006. Bacteriocins: Biological tools for biopreservation and shelf-life extension. *Int Dairy J*, 16: 1058-1071.

De Vuyst L, et Vandamme E J. 1994. Nisin, a antibiotic produced by *Lactococcus lactis* subsp *lactis*. In De Vuyst L, et Vandamme E J, (Eds.), *Bacteriocins of lactic acid bacteria: microbiology, genetics and application*. London and New York Blackie, pp: 151–221.

DEXTER JE, MARCHYLO BA, MACGREGOR AW, TKACHUK R. 1989. The structure and protein composition of vitreous piebald and starchy durum wheat kernels. . *Journal of Cereal Science* 10, 19-32

Djermoun A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*, 1: 45-53.

Donkor ON, Henriksson A, Vasiljevic T, et Shaha NP. 2007. Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and in vitro angiotensin converting enzyme inhibitory activity in fermented milk. *INRA, EDP Sciences*. 86 : 21-38.

Doumandji A, Doumandji-mitiche B, Salaheddine D. (2003). Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, pp: 1-22.

DRABO, Moustapha Soungalo, KHADEM, Hafidha, BENATMANE, Nour-eddine, , (2019). Qualité microbiologique du blé dur fermenté de Matmor Hamoum: Indispositions digestives, microflore avantageusement technologique et potentiels pathogènes. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 27, no 1, p. 11-18.

E

El-Ziney .G, Uyttendaele M, Debevere J, Jakobsen M. 1998. Characterization of grow and metabolite production of *Lb, reuteri* during glucose/glycerol cofermentation in batch and continuous cultures. *Biotechnol Lett*, 20 (10): 913 -916.

F

FEILLET P., 2000. Le grain de blé, composition et utilisation. Edition ; INRA. Paris. 308 pages.

FERREIRA. M. S. L., 2011. Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur, thèse de doctorat du centre international d'études supérieures en sciences agronomiques de Montpellier, France. 261 pages

FREDOT, E. (2005). «Connaissance des aliments ». Pages : 157 à 199. Edition TEC et DOC. Lavoisier-Paris.

G

Georges C, Francois ML. 2008. Bactéries lactiques, De la génétique aux ferments. Lavoisier ISBN: 2-7430-1016-4, ISSN: 0243-5624, P: 19-21-23.

Georges C, Francois M L. 2008. 30 sur bacteries lactiques. pp: 12-16

Godon B., WILLM C. (1991). Les industries de première transformation des Céréales. Paris Techniques et documentation Lavoisier, pp: 676.

Gill AO, et Halley A. 2003. Interactive inhibition of meat spoilage and pathogenic bacteria by lysozyme nisin and EDTA in the presence of nitrite and sodium chloride at 24°C. Int J Food Microbiol, 80: 251-259.

Guessas B, et Kihal M. 2004. Characterization of lactic acid bacteria isolated from Algerian arid zone raw goat's milk .African .Journal of Biotechnology 3(6): 339-342

Guessas B, Hadadji M, Saidi N, et Kihal M. 2006. Inhibition of *Staphylococcus aureus* Growth by Lactic Acid Bacteria in Milk. Dirasat, Agricultural Sci, 32: 3, 304-312

Guirand J. P. (2003). Microbiologie alimentaire. Série Agro-alimentaire. P 696.

Guignard JL, Dupont F. (2004). Botanique Systématique moléculaire. 13 Ed révisée Masson Paris, Pp: 116-117.

H

Hadria R., (2006). Adaptation et spatialisation des modèles strics pour la gestion d'un périmètre céréalier irriguée en milieu semi-aride. Thèse de doctorat. Univ Cadi AYYAD Samlalia- Marrakech..

Havenaar R. 1992. Probiotics: a general view. Wood ed The lactic acid bacteria in health and disease. London Elsevier Applied Science, pp: 209-224.

Hayma J. (2004). Le stockage de produit agricole tropical. Fondation Agromisa. P 78.

Hoogland M., Holen P. (2005). Les greniers. Fondation Agromis, France. P 84.

J

Jacobsen T, Budde BB, et Koch AG. 2003. Application of *Leuconostoc carnosum* for biopreservation of cooked meat products. *J Appl Microbiol*, 95: 242-249.

J.F CRUZ ET AL, 1989 « Conservation des grains en région chaudes ». 2 ème édition. Page : 5 à 13.

June 2016. Project: Human nutrition .Pakistan Journal of Nutrition 15(7):639-648.

K

- Kaktcham PM, Zambou FN, Tchouanguép MF, El-Soda M, and Choudhary IM. 2012.** Antimicrobial and Safety Properties of Lactobacilli isolated from Cameroonian Traditional Fermented Foods. *J of Dairy Foods science article*, 80 (1): 189-203.
- KENT N., EVERS A., 1994.** *Technology of Cereals*. Oxford: Pergamon Press Ltd.
- Klaenhammer TR. 1988.** Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*, 70: 337-349.

L

- Labioui H, El Moualdi L, El Yachioui M, Ouhssine M. 2005.** Sélection des souches de bactéries lactiques antibactériennes, *Bull Soc. Pharm. Bordeaux*, N° 144: 237 – 250.
- Lee JY, Kim CJ, et Kunz B. 2006.** Identification of lactic acid bacteria isolated from kimchi and studies on their suitability for application as starter culture in the production of fermented sausages. *Meat Sci*, 72: 437-445
- Ling WH, Korpela RM, Ykkanen H, et al. 1994.** Lactobacillus strain GG supplementation decreases colonic hydrolytic reductive enzyme activities in healthy female adults. *J Nutr*, 124: 18-23.
- Liu S. 2003.** Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. *Int J Food Microbiol*, 83(2): 115-131.

M

- Maria M, and Janakiraman S. 2012.** Detection of heat stable bacteriocin from *Lactobacillus acidophilus* NCIM5426 by liquid chromatography/mass spectrometry. *Indian J of sci and Tec*, Vol 5 N°3 ISSN: 0974-6846.
- Mehta B. M., Kamal-Eldin A., Iwansk R. Z. (2012).** *Fermentation : effects on food properties*. CRC press. P 363
- Messens W., Devuyst L. (2002).** Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from.
- Mills DA. 2004.** The Lactic Acid Bacteria Genome Project. Symposium 11: Fermentation Technology. *FMS 28 J Food Sci*, 69:1-15.
- MOHTADJI L., 1989.** *Les aliments*. Ed Maloine. Paris 203 pages.
- Mokhtari, S. (2012).** Mémoire de Magister : Effet protecteur de certaines bactéries lactiques isolées à partir de blé fermenté type hamoum. Université El Senia (Oran, Algérie).
- Mokhtari S., Kheroua O., Saidi D. (2016).** Isolation and identification of lactic acid bacteria from Algerian durum wheat (*Triticum Durum*) natural fermented in underground silos matmora "ElHammoum" and their antimicrobial activity against pathogenic germs. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3 : 4.

Monnet V, Latrille E, Béal C, et Corrieu G. 2008. Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques. *In* : Bactéries lactiques de la génétique aux ferments(Corrieu G. et Luquet F.M.). Tec & Doc Lavoisier Paris, 512-592.

Multon J.L. (1982). Conservation et stockage des grains et graines et produit dérivé. Technique et documentation Lavoisier, Paris. P 656.

N

NIQUE, G., ET LASSERAN, J.C., 1989. « Guides pratiques, stockage et conservation des grains à la ferme »

Nout, (2009). Rich nutrition from the poorest - Cereal fermentations in Africa and Asia. *Food Microbiology* ; 26 : 685-692.

O

O' May GA, Macfarlane GT. 2005. Probiotic efficacy :are the claims justified. *Probiotic Dairy products*, pp: 138-166.

Oyetayo VO, Adetuyi FC, et Akinyosoye FA. 2003. Safety and protective effect of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* used as probiotic agent *in vivo*. *Afr J Biotech*, 2: 448-452.

P

Prückler M., Lorenz C., Endo A., Kraler M., Dürschmid K., Hendriks K., Soares da Silva F., Auterith E., Kneifel W., Michlmayr H., (2015). Comparison of homo- and heterofermentative lactic acid bacteria for implementation of fermented wheat bran in bread. *Food Microbiology*. 49: 211-219.

R

Raccach M, Mc Grath R, et Daftarian H. 1989. Antibiosis of some lactic acid bacteria including *Lactobacillus acidophilus* toward *Listeria monocytogenes*. *Int J Food Microbiol*, 9: 25-32.

Raimbault M. (1995). Importance des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc. *Transformation Alimentaire du manioc*. Éditions Orstom

REIS D., 2006. £Fibre dans l'alimentation£ PP 277-288 in le monde des fibres REIS D., VIAN B, BAJON C. Edition Belin 2006, 351 pages.

S

SAMSON M.F., MABILLE F., CHÉRET R., ABÉCASSIS J., MOREL M.H., 2005. Mechanical and physiological characterization of vitreous and mealy durum wheat endosperm. *Cereal Chemistry* 82, 81-87.

Sakamoto M, Tano Y, Uchimura T, Komagata K. 1998. Aerobic growth of some lactic acid bacteria enabled by the external addition of peroxidase (horseradish) to the culture medium. *J Fermentation and Bioengineering*, 85(6): 627-629.

Sieladie VD, Zambou FN, Kaktcham PM, Cresci A, and Fonteh F. 2011. Probiotic proprieties of lactobacilli Strains isolated from Raw Cow milk in the Western Highlands of Cameroon. *Innovative Romanian Food Biotech Vol 9*.

Smith, JL, et Palumbo SA. 1983. Use of starter cultures in meats. *J Food Prot*, 46:1997-1006.

Soltner D. (2005). Les grandes productions végétales. 20ème Ed CCTA, Pp: 20-140.

Stiles ME, 1996. Biopreservation by lactic acid bacteria. *Antonie Leeuwenhoek*, 70: 331-345.

U

Udayakumar N. (2008). Safe storage guidelines for surum wheat. Master of science. P 104.

V

Vermeiren L, Devlieghere F, et Debevere J. 2004. Evaluation of meat born lactic acid bacteria as protective cultures for the biopreservation of cooked meat products. *Int J Food Microbiol*, 96: 149- 164.

Vescovo, M, S Torriani, C Orsi, F Macchiarolo, and G Scolari (1996). "Application of antimicrobialproducing lactic acid bacteria to control pathogens in ready-to-use vegetables." *Journal of Applied Bacteriology* 81 (1996): 113–119.

Vollenweider S. 2004. Hydroxypropionaldehyde applications and perspectives of biotechnological production *Appl Microbiol. Biotech*, 64: 16-27.

Y

Yao A.A, Egounlety M, Kouame L.P, Thonart P (2009). Les bactéries lactiques dans les aliments ou Boissons amylicés et fermentés de l’Afrique de l’Ouest: leur utilisation actuelle.*Ann1.Méd. Vét*; 153: 54-65.

Z

Zalan Z, Barath A, Halasz A. 2005. Influence of growth medium on hydrogen peroxide and bacteriocin production of *Lactobacillus* strains. *Food Technol. Biotech.*43(3),219-225.

Zhennai Y. 2000. Antimicrobial compounds and Extracellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria: structures and properties. Academic Dissertation. Department of Food Technology. University of Helsinki, pp: 61.