

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



Mémoire de Fin d'études

En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master En Sciences alimentaires.

Domaine : sciences biologiques

filière : sciences alimentaires

Spécialité : Nutrition et sciences des aliments

Thème

*Elaboration d'un biscuit "cookies" sans gluten à base de
farine de fève et de farine de pois chiche.*

Présenté par :

M^{lle} DIGUER Romaïssa
M^{lle} AMMOUCHE Ferial

Devant le jury :

Examineur :	M^{me} YAHIAOUI K.	MCA	(UMBB)
Promoteur :	M^{me} YOUYOU S.	MAA	(UMBB)
Co-promoteur :	M^{me} AMMOUCHE Z.	MAA	(U. Bouira)
Président :	M^{me} ALOUACHE L.	MAA	(UMBB)

Année Universitaire : 2019/2020.

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le **Dieu** qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

Nous exprimons nos profondes gratitude et reconnaissances à notre promotrice Madame **YOUYOU Soraya** pour avoir accepté de diriger, avec beaucoup de patience et de dévouement, ce sujet de mémoire de fin d'études.

Comme nous exprimons aussi nos profondes reconnaissances à notre co-promotrice Madame **AMMOUCHE Zahia** pour nous avoir proposée le sujet de ce mémoire, pour sa disponibilité et ses conseils avisés.

Nous voulons exprimer également nos vifs remerciements aux membres de jury :

Madame YAHIAOUI Karima, Maitre de Conférence Classe A à l'université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES (UMBB), d'avoir accepté d'examiner notre jury. Nous sommes très honoré de vous avoir comme président du jury de notre mémoire de fin d'étude.

Madame ALOUACHE Lamia, Maitre-Assistant Classe A à Université M'HAMED BOUGUERRA BOUMERDES (UMBB), pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce travail.

Nos sincères remerciements vont à tous les professeurs du département des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'université de Boumerdes.

Nous avons aussi le plaisir de remercier toute l'équipe des travailleurs de l'entreprise SOBCO.

Notre reconnaissance va également à tout le personnel du laboratoire de chimie de la faculté des sciences et des sciences appliquées de l'université de Bouira.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A la mémoire de mon père que la clémence du bon Dieu soit sur lui.

A ma très chère mère, pour sa tendresse, son amour, son soutien, sa patience et ses sacrifices tout au long de ma vie et de mon parcours. Que ce travail soit, pour elle, un témoignage de ma vive reconnaissance et ma profonde affection.

A mon frère Ali et ma sœur Malak.

A toute la famille Ammouche et Bahi.

A toutes mes amies de Bouira et de Boumerdes avec qui j'ai passé des meilleurs moments.

A ma chère binôme Romaiassa pour son soutien et sa patience infinis.

A Mes camarades de la promotion 2020 et de la résidence universitaire Corso.

A tous ceux qui m'ont connue.

A tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Feriel

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A Mes très chers parents pour leur amour, soutient, sacrifices et encouragements, tout au long de ma vie et de mon parcours Que ce travail soit, pour eux, un témoignage de ma vive reconnaissance et ma profonde affection.

A mes sœurs Imane et Yousra.

A toute ma grande famille.

A toutes mes amies, sans particularité avec qui J'ai passé des meilleurs moments.

A ma chère amie et mon binôme Feriel pour sa compréhension et sa patience.

A tous mes collègues et amies de la promotion 2020.

A toutes les personnes qui m'ont aimé et respecté tout au long de ma vie estudiantine.

Finalement, A tous ceux qui ont permis et participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Romaissa

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Liste des annexes

Introduction..... 1

Partie 1 : Etude bibliographique

Chapitre I : Maladie cœliaque et régime sans gluten

1. Définition de la maladie cœliaque	3
2. Définition de gluten	3
3. Facteurs d'apparition de la maladie	4
3.1. Génétique.....	4
3.2. Environnementale.....	4
4. Formes de la maladie	4
5. Prévalence de la maladie cœliaque.....	5
6. Symptômes de la maladie cœliaque.....	6
7. Traitement : régime sans gluten.....	7
8. Aliments autorisés et aliments interdits dans les régimes sans gluten	8

Chapitre II : Légumes secs

1. Généralités	9
2. Production des légumineuses	9
2.1. Production mondiale	9
2.2. Production nationale.....	10
2.2.1. Pois chiche	10
2.2.2. Fève.....	11
3. Description taxonomique et botanique.....	11
3.1. Fève.....	11
3.2. Pois chiche	13
4. Composition et valeur nutritionnelle des légumes secs	14
5. Facteurs antinutritionnels des légumes secs.....	15
5.1. Facteurs antinutritionnels de la fève	16
5.2. Facteurs antinutritionnels du pois chiche.....	16

Chapitre III : Technologie biscuitière

1. Définition du biscuit.....	17
-------------------------------	----

2. Classification des biscuits.....	17
3. Généralités sur les cookies	18
4. Principaux ingrédients et leurs effets	18
4.1. Farine	18
4.2. Matière grasse.....	20
4.3. Sucre	20
4.4. Eau	21
4.5. Œufs.....	22
4.6. Poudre levante	22
4.7. Cacao	22
4.8. Chocolat.....	23
5. Diagramme de fabrication de biscuit.....	23
5.1. Préparation de la pâte et pétrissage.....	23
5.2. Mise en forme et moulage	23
5.3. Cuisson	23
5.4. Refroidissement	24
6. Pâte biscuitière et cuisson.....	24
6.1. Formation de la pâte biscuitière.....	24
6.2. Cuisson des biscuits.....	25
7. Critères d'évaluation de la qualité organoleptique	25
7.1. Texture.....	25
7.2. Couleur	25
7.3. Goût, flaveur et arôme	26

Partie 2 : Matériel et méthodes analytiques

I. Matériel

1. Origine des matières premières	27
1.1. Fève	27
1.2. Pois chiche.....	27
1.3. Sucre	27
1.4. Matière grasse.....	27
1.5. Levure chimique.....	28
1.6. Cacao	28
1.7. Pépites de chocolat	28

II. Méthode analytique

1. Caractéristiques des matières premières.....	28
2. Traitement préliminaire de la fève et du pois chiche.....	28

2.1. Nettoyage et conditionnement	28
2.2. Mouture et tamisage	28
3. Formulation des pâtes	29
4. Préparation des cookies	29
4.1. Pétrissage	29
4.2. Mise en forme et moulage	30
4.3. Cuisson et conservation	30
5. Analyse sensorielle des cookies issus des 3 formulations	31
5.1. Teste de classement par rang	31
5.2. Teste descriptif	31
6. Méthodes d'appréciation de la qualité des farines utilisées et des cookies	32
6.1. Analyses physico-chimiques	32
6.1.1. Détermination de la teneur en eau des farines et des cookies	32
6.1.2. Teneur en cendre des farines et des cookies	32
6.1.3. pH des farines et des cookies	33
6.2. Analyses biochimiques des farines et des cookies	33
6.2.1. Teneur en protéines	33
6.2.2. Teneur en lipides totaux	34
6.2.3. Glucides totaux	34

Partie 3 : Résultats et discussion

1. Caractérisation de matières premières	36
2. Traitement préliminaire de la fève et du pois chiche	36
3. Analyse sur les farines	36
3.1. Analyse physico-chimique	36
3.1.1. Teneur en eau	37
3.1.2. Teneur en cendres	37
3.1.3. pH	37
3.2. Analyses biochimiques	38
3.2.1. Teneur en protéines	38
3.2.2. Teneur en lipides	38
3.2.3. Teneur en glucide	39
4. Analyse sur les cookies	39
4.1. Evaluation sensorielle	39
4.1.1. Résultat du test classement par rang	39
4.1.2. Résultat du test descriptif	41

4.2. Caractéristiques physico-chimiques des cookies	43
4.2.1. Teneur en humidité	44
4.2.2. Teneur en cendre.....	44
4.2.3. pH.....	44
4.3. Caractéristiques biochimiques des cookies.....	44
4.3.1. Teneur en protéines.....	44
4.3.2. Teneur en lipides.....	45
4.3.3. Teneur en glucides	45
Conclusion et perspectives	47
Références bibliographiques	49
Annexes	
Résumés	

Liste des figures

Figures	Titre	Page
Figure n°01	Muqueuse intestinale d'une personne normale (A) et d'un malade cœliaque (B)	03
Figure n°02	Principaux producteurs mondiaux des légumineuses en 2014	10
Figure n°03	Morphologie (a, b) de la fève	12
Figure n°04	Morphologie (a, b) du pois-chiche	14
Figure n°05	Echantillons des deux légumes secs de l'étude	27
Figure n°06	Diagramme de fabrication des cookies sans gluten	30
Figure n°07	Mélange des deux farines de fève et de pois chiche après tamisage	36
Figure n°08	Echantillons des cookies présentés aux dégustateurs	39
Figure n°09	Résultat de l'évaluation sensorielle	42

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau n°01	Manifestations de la maladie cœliaque	07
Tableau n°02	Évolution de la culture du pois chiche en Algérie	10
Tableau n°03	Évolution de la culture de fève en Algérie	11
Tableau n°04	Classification taxonomique de fève	12
Tableau n°05	Classification taxonomique de pois chiche	13
Tableau n°06	Composition de la farine du blé	19
Tableau n°07	Valeur nutritionnelle de la matière grasse végétale	20
Tableau n°08	Composition du saccharose	21
Tableau n°09	Pourcentage des ingrédients des 3 recettes préparées	29
Tableau n°10	Attribution de chaque critère	31
Tableau n°11	Rapports longueur/largeur des graines de fève et de pois chiche	36
Tableau n°12	Teneurs moyennes des composants physico chimiques des farines Utilisées	36
Tableau n°13	Teneurs moyennes des composants biochimiques des farines utilisées	38
Tableau n°14	Cotes de classement données par 20 dégustateurs	40
Tableau n°15	Résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique des cookies	41
Tableau n°16	Résultats des analyses physicochimiques du produit élaboré	43
Tableau n°17	Résultats des analyses biochimiques du produit élaboré	44

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation.

AGA : American Gastroenterological Association.

AME : Agence Méditerranéenne de l'Environnement.

CCLS : Coopérative des Céréales et des Légumes Secs.

CD4 : Cluster de Différenciation 4.

CNRC : Conseil National de Recherches Canada.

CRDP : Centre Régional de Documentation Pédagogique.

EHS: Etablissement Hospitalier Spécialisé.

FAO: *Food and Agriculture Organization of the United Nations.*

GWAS: *Genome-Wide Association Study.*

HLA : Humann Leucocyte Antigen.

IL4 : Interleukine 4.

INA : Institut National D'Agronomie.

INATAA : Institut De La Nutrition, De L'Alimentation Et Des Technologies Agro-Alimentaires.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

ITGC : Institut Technologique des Grandes Cultures.

MAPAQ : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

MC : Maladie cœliaque.

NF : Norme Française.

OMS : Organisation Mondial de Santé.

RM : Réaction Milliard.

RSG : Régime sans gluten.

TNF : Tumor Necrosis Factor (facteur de nécrose tumorale).

Ttg : Transglutaminase tissulaire.

USDA : United States Departement of Agriculture.

Liste des annexes

Annexe n° 01 : Aliments autorisés et aliments interdits dans le régime sans gluten.

Annexe n° 02 : Composition nutritionnelle de quelques graines de légumineuses.

Annexe n° 03 : Fiche de test de classement par rang.

Annexe n° 04 : Fiche de test d'intensité pour les cookies.

Annexe n° 05 : Lots d'échantillonnage utilisés pour mesurer le diamètre des légumineuses.

Annexe n° 06 : Matériel utilisé pour la préparation des cookies.

Annexe n° 07 : Mesures des ingrédients utilisés.

Annexe n° 08 : Forme des cookies après cuisson.

Annexe n° 09 : Différences des sommes de classement par rang absolu critiques pour les comparaisons de tous les traitements, À un seuil de signification de 5 %.

Annexe n° 10 : Analyses physico-chimiques.

INTRODUCTION

Introduction

La maladie cœliaque est une entéropathie auto-immune induite par l'ingestion de gluten chez des sujets génétiquement prédisposés (**Schmitz & Garnier-Lengline, 2008**).

Les études épidémiologiques récentes ont montré que 10 % dans le monde entier souffre de la maladie cœliaque. Un tel taux classe la maladie cœliaque comme l'une des intolérances alimentaires les plus communes (**Brianiet al, 2008 ; Catassi et Fasano, 2008**).

Cette maladie est considérée actuellement comme l'une des maladies gastro-intestinales les plus fréquentes dans les pays européens avec une prévalence de 5 % ou plus (**Fassano et Catassi, 2001 ; Stern et al., 2001 ; Martucciet al., 2002**). Cette prévalence reste aussi élevée en Afrique du nord avec 1,4 % (**Denery-papini et al., 2001**). Selon **Hadji (2000)**, cette affection est exceptionnelle en Afrique noire et ignorée en Chine.

En Algérie, peu de données sont disponibles sur la fréquence de cette maladie. Elle reste, cependant, dangereuse, à cause de ses complications dues surtout à l'inobservance du régime alimentaire, très contraignant (**Saidal, 2010**). Les données dont on dispose montrent des prévalences d'environ 1.09 % chez les enfants de 15 ans dans l'Ouest Algérien (ville d'Oran) (**Boudraa et al., 2008**), d'au moins 1.33 % sur trois villes de l'Est (Guelma, Mila et Khenchla) (**Benatallah, 2009**) et de 0.97 % dans la ville de Constantine (**Bouasla, 2011**).

Le traitement de la maladie cœliaque est diététique et consiste à supprimer totalement le gluten de l'alimentation et substituer les céréales essentiellement le blé, le seigle et l'orge par d'autres sources telles que le riz et les légumineuses (**Denery-Papini et coll., 2001, Dubuisson et coll., 2002, Cegarra M, 2006**).

Le principe de ce régime est simple mais reste difficile à appliquer surtout dans les pays où l'alimentation est basée essentiellement sur les céréales.

Par ailleurs, les produits diététiques du commerce destinés à cette tranche de population sont pour la plupart importés, onéreux, peu diversifiés, de texture et de goût peu apprécié (**Benatallah, 2009**).

Pour cela, la mise à disposition des farines et des produits sans gluten sur le marché devient une nécessité pour aider les personnes atteintes de la maladie cœliaque et aussi pour diminuer la dépendance vis-à-vis des marchés extérieurs et contribuer à la diminution de la fréquence et de la gravité de la maladie (**Boudraa et Touhami, 1997**).

D'où l'intérêt de notre travail qui vise à améliorer la situation alimentaire des malades cœliaques algériens, voire leur état nutritionnel, par la formulation de biscuits sans gluten, pour

INTRODUCTION

répondre aux besoins exprimés. Il s'agit de formuler des biscuits de type cookies, basées sur une complémentarité entre deux légumineuses (fève et pois chiche).

Les légumineuses sont caractérisées à la fois par une forte valeur énergétique et nutritionnelle car leurs grains constituent une bonne source protéique (**Dagfinn et al, 2011**).

Ce mémoire est constitué de trois parties, une partie de synthèse bibliographique relative à la maladie cœliaque et sa prévalence, aux légumineuses utilisées comme substituant au blé tendre et à la technologie biscuitière, une partie qui décrit les analyses faites sur les farines et le biscuit et la dernière partie traite l'interprétation des résultats obtenus.

Partie I : Etude bibliographique

CHAPITRE 1 : MALADIE CŒLIAQUE ET REGIME SANS GLUTEN

1. Définition de la maladie cœliaque

Le mot cœliaque signifie littéralement l'abdomen. Cœliaque vient du mot latin coeliacus, qui vient du mot grec koiliakos, Koilia en Grec signifie l'abdomen. Aux Etats- Unis, la maladie est écrite «celiac» tandis qu'en Grande-Bretagne elle est écrite «coeliac» (**Thompson, 2008**).

La maladie cœliaque est une maladie multifactorielle (génétique et environnementale) caractérisée par la destruction auto-immune de l'épithélium dans l'intestin grêle (Figure n°01), entraînant une malabsorption des protéines et une incapacité des parois intestinales à traiter le gluten (**Moudrý J et al, 2005**).

Les séquences peptidiques toxiques de la gliadine, sont relativement résistantes aux capacités enzymatiques digestives et peuvent parvenir intactes au contact de la muqueuse intestinale. Ces fragments sont alors absorbés par l'épithélium et arrivent dans le chorion au contact de la transglutaminase tissulaire dont ils sont des substrats de par leur richesse en glutamine (**Di Sabatino A et al., 2012**).

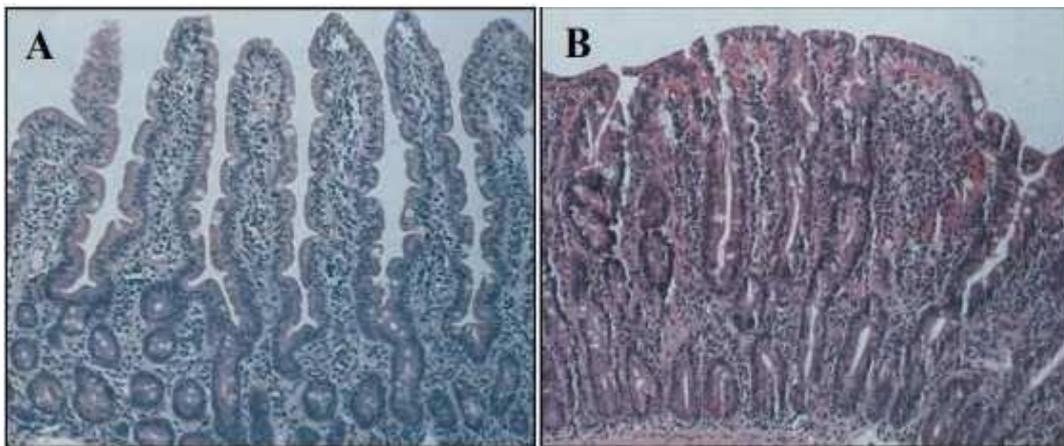


Figure n°01 : Muqueuse intestinale d'une personne normale (A) et d'un malade cœliaque (B) (**Nehra et al., 2005**).

2. Définition du gluten

Le gluten est la masse des protéines (du blé, de l'orge et du seigle) insolubles dans l'eau restant après extraction de l'amidon. Il représente environ 80 % des 9 à 10 g de protéines pour 100 g de farines (**Real A et al., 2012**).

Les composants protéiques majeurs du gluten, la gliadine et la gluténine, sont des protéines de stockage dans le blé. Le gluten et les protéines qui y sont associées sont présents dans le blé, le

Partie I : Etude bibliographique

seigle et l'orge sont toxiques pour les intolérants au gluten et couramment utilisés comme ingrédient dans l'industrie alimentaire afin de donner à la pâte les propriétés physiques, en lui conférant la capacité d'absorption de l'eau, la cohésion, la viscosité et l'élasticité, de l'ajouter des saveurs et d'affiner sa structure. L'exposition au gluten peut être à l'origine de la maladie cœliaque chez les individus porteurs d'une prédisposition génétique (**Jabri B et al, 2006, Ludvigsson J.F et al., 2013**).

3. Facteurs d'apparition de la maladie

3.1.Génétique

La maladie cœliaque a une forte composante héréditaire. Les études épidémiologiques montrent que jusqu'à 20 % des parents du premier degré sont touchés par la maladie avec des taux de 75 à 80 % de concordance chez les jumeaux monozygotes et 10 % pour les jumeaux dizygotes. Les plus forts et les mieux caractérisés des facteurs génétiques de susceptibilité à la maladie cœliaque sont les antigènes leucocytaires humains (HLA) de classe II appelés HLA-DQ2 et HLA-DQ8, molécules responsables de la présentation des antigènes aux cellules immunitaires (**Rashid M et Lee J, 2016**).

3.2.Environmentale

Les facteurs environnementaux jouent clairement un rôle important dans la pathogenèse de la maladie cœliaque. Le déclencheur primaire dans la maladie est le gluten. Ce dernier est associé à des réponses immunitaires innées dans l'épithélium intestinal et les lymphocytes cytotoxiques intraépithéliaux semblent également jouer un rôle central (**Heyman M et al., 2011**).

Enfin, des données émergentes impliquent le microbiote (à la fois commensal et pathogène) dans la pathogenèse de la maladie, tandis que les études épidémiologiques ont suggéré que (1) l'introduction trop tôt ou trop tard du gluten à des enfants, (2) l'accouchement par césarienne ainsi que (3) l'absence de l'allaitement maternel sont des facteurs de risque importants pour le développement de la maladie cœliaque (**Heyman M et al., 2011**).

4. Formes de la maladie cœliaque

La maladie cœliaque peut surgir à tout âge. Elle est précoce avant 5 mois surtout si l'introduction du gluten est prématurée (**Bourrillon, 2000**). Le plus souvent, elle apparaît chez les sujets en bas âge entre 6 mois et 2 ans, période correspondant au sevrage du lait maternel. Dans ces cas, on parle de '*forme du nourrisson et du très jeune enfant*' (**Bourrillon, 2000**).

Cependant, elle peut survenir chez les enfants d'environ 9 ans et on parle dans ce cas de '*formes tardives de l'enfant*'. Elle peut même parfois parvenir plus tard, à l'Age adulte entre 30 et 59 ans et plus précocement chez les femmes que chez les hommes (**Bayrou, 2001**) et on parle dans ce cas de '*forme adulte*'. Cinq phénotypes de la maladie sont identifiés (**Kouroche V, et al., 2001**) :

Partie I : Etude bibliographique

- **Classique** : (de 10-20 % des cas, selon **Lounes F, 2020**).

La lésion consiste en une atrophie villositaire ou subtotale de siège au moins proximal (duodénale ou duodéno-jéjunale) avec une augmentation des lymphocytes intra-épithéliaux. Le duodénum est toujours atteint parfois de manière localisée (lésion en plaque) lorsque le jéjunum distal et l'iléon proximal sont atteints apparaît le tableau classique de la maladie (**Szajewska H et al., 2012**).

- **Atypiques**

Ce sont les formes les plus fréquentes, faites de symptômes extra-digestifs ou digestifs mais non spécifiques telles que : une constipation chronique, des douleurs abdominales récidivantes, un retard de croissance et une anémie ferriprive réfractaire (**Rampertabsd., 2006, Husby S et al., 2012**).

- **Silencieuse**

Cette forme est caractérisée par des sérologies positives et une atrophie villositaire de sévérité variable (**Rostom et al., 2006**).

- **Latente**

Elle concerne les patients qui sont asymptomatiques, les sérologies positives sont isolées et la muqueuse intestinale étant morphologiquement normale avec parfois seulement une augmentation de la proportion des lymphocytes intra-épithéliaux. Le malade est bien porteur des gènes HLA DQ2/DQ8 (antigènes leucocytaires humains de classe II) (**Powell, 2008**).

- **Réfractaire**

Dans ce cas, les malades cœliaques ne répondent pas à un régime sans gluten et sont sujets pour développer une duodéno-jéjuno-iléite ulcéralive ou des lymphomes (**Schmitz et Garnier-Lengline, 2008**).

5. Prévalence de la maladie cœliaque

Plusieurs études récentes ont montré que cette maladie est l'une des troubles perpétuelles les plus courantes qui affectent les personnes dans plusieurs parties du monde. Actuellement, la plus part des cas restent non diagnostiqués, et cela est due à l'absence des symptômes typiques (**Catassi et Fasano, 2008**).

On le trouve de plus en plus dans les endroits du tiers monde. Une prévalence élevée a été indiquée au Moyen Orient et également en Afrique du Nord dont la plus élevée a été décrite chez les Saharawi, une population africaine d'origine Arabe-Berbère (**Catassi et Fasano, 2008 ; Cureton et Fasano, 2009**).

En Algérie, nous ne possédons pas encore de données actuelles précises sur l'ampleur de la maladie cœliaque. Il existe très peu de travaux relatifs à la maladie : (**Boudraa et al., 2008**).

Partie I : Etude bibliographique

A Oran dont la prévalence de la maladie cœliaque symptomatique au 31/12/2007 pour des enfants de moins de 15 ans était estimée environ 1,09 %. Les autres données disponibles sont celles de **Benatallah (2009)**.

Dans l'est algérien où la prévalence moyenne calculée, en 2003, sur trois villes (1,4 % à Guelma, 1,7 % à Mila et 0,88 % à Khanchela) est au moins 1,33 %. Aussi, dans l'enquête menée par **Bouasla (2011)**, la prévalence de la maladie dans la commune de Constantine en 2008 a été d'au moins 0,97 %.

6. Symptômes de la maladie cœliaque

Le spectre clinique de la maladie cœliaque est large (Tableau n°01).

a. Chez l'enfant

Les enfants présentent une croissance altérée, une diarrhée chronique, une distension abdominale, une perte et une hypotonie des muscles, un faible appétit et une anxiété. Dans des semaines à des mois de début de l'ingestion du gluten, la vitesse de gain de poids diminue et finalement on peut observer la perte de poids.

La maladie cœliaque atypique est habituellement vue chez des enfants plus âgés et les caractéristiques de la malabsorption sont absentes. Les symptômes peuvent être intestinaux ou extra-intestinaux. Les symptômes intestinaux peuvent inclure la douleur abdominale récurrente, la stomatite aphteuse récurrente et la constipation (**Catassi et Fasano, 2008**).

b. Chez l'adulte

Les cas symptomatiques ou classiques de la maladie peuvent se présenter avec la diarrhée chronique, la distension et la douleur abdominale, la faiblesse et la malabsorption (**Green et Cellier, 2007**). Cependant, beaucoup de patients ont peu ou pas de symptômes gastro-intestinaux, tout en présentant des caractéristiques extra intestinales, comme la dermatite herpétiforme, l'anémie, l'ostéoporose, l'infertilité et des problèmes neurologiques (**Alaedini et Green, 2005**).

Partie I : Etude bibliographique

Tableau n°01 : Manifestations de la maladie cœliaque (Oxentenko, 2008).

		Caractéristique clinique
Gastro- intestinales		Diarrhée ; stéatorrhée ; flatulence ; distension ; perte de poids ; anorexie ; douleur abdominale ; nausée ; voumissement ; constipation ; stomatite aphteuse.
Extra- Intestinales	Résultat de laboratoire	Anémie ; insuffisances de vitamines ; niveaux d'aminotrasférase élevés.
	Peau	Dermatite herpétiforme
	Hématologique	Atrophie splénique
	Musclo-squelettique	Ostéogénies /ostéoporose ; ostéomalacie ; défauts d'email ; arthropathie ; crampes de muscle/tétanie.
	Neurologique	Neuropathie périphérique ; ataxie ; Epilepsie.
	Reproductive	Infertilité ; puberté retardée.
	Psychiatrique	Dépression / anxiété.

7. Traitement de la maladie : Régime sans gluten

Le traitement de la maladie consiste en un régime strict sans gluten, qui dure toute une vie. Cela signifie : préparer des repas qui ne contiennent pas de gluten, donc une exclusion stricte de la farine et des produits à base de blé, d'orge, d'avoine et de seigle (Schuppan D, Dennis M, Kelly C. 2005).

Actuellement, un aliment est considéré exempt de gluten Selon le *Codex Alimentarius* établi par l'OMS et cité par CEGARRA 2006, s'il provient :

- D'une céréale dont la prolamine n'est pas toxique (riz, maïs, sarrasin, millet) ;

Partie I : Etude bibliographique

- D'une céréale potentiellement toxique mais dont la teneur résiduelle en azote après traitement ne dépasse pas 50 mg/100g de poids sec, soit 10 mg de gliadine pour 100 g de poids sec ;
- D'un amidon préparé à partir de graines de céréales contenant moins de 0,3 % de protéines dans l'extrait sec.

Objectif de régime sans gluten (RSG)

L'objectif du régime sans gluten chez le cœliaque est double. Il vise à corriger :

- Les anomalies cliniques : diarrhée avec stéatorrhée, amaigrissement, dénutrition... (**POWELL D.W, 2008**).
- Anomalies biologiques : une carence en folates et en vitamine B12 responsables de la survenue d'une anémie macrocytaire, une hypocalcémie à l'origine de troubles osseux, etc (**Powell D.W, 2008**).
- Les anomalies histologiques : l'hypertrophie des cryptes, l'atrophie villositaire, l'infiltrat inflammatoire du chorion, etc (**Mazouni et Bensenouci, 2004 ; Megiorni et al., 2009**).

Il vise aussi à diminuer le risque à long terme d'ostéogénie et des complications néoplasiques, notamment le lymphome malin de l'intestin grêle (**Matuchansky et al, 2004 ; Megiorni et al, 2009**).

Les patients souffrant de déficit nutritionnel peuvent nécessiter, initialement, des suppléments de fer, de calcium ou de vitamines (**Baillargeon, 2006**). Les produits laitiers, quant à eux, sont à éviter les premiers mois si un déficit secondaire en lactase est présent. Après trois à six mois, ils peuvent être réinstitué (**Srinivasan et al., 1999 ; Baillargeon, 2006**).

8. Aliments autorisés et aliments interdits dans les régimes sans gluten

Les aliments naturels ou industriels contenant des produits dérivés du blé, du seigle ou de l'orge doivent être exclus de l'alimentation. Tous les aliments faits à partir de farine de blé, comme le pain, les pâtes, les pâtisseries et ceux dans lesquels de la farine a été ajoutée, tels que charcuterie, condiments, plats cuisinés, conserves doivent donc être éliminés de la nourriture quotidienne. Les produits à base de farine de seigle et d'orge doivent l'être aussi (Annexe 01). Le riz et le maïs étant permis, la farine de blé peut être remplacée dans de nombreuses circonstances par la Maïzena ou la farine de riz. L'alimentation peut être normale par ailleurs (**Schmitz, 2007**).

Partie I : Etude bibliographique

CHAPITRE 2 : LES LEGUMES SECS

1. Généralités

Les légumineuses constituent une grande famille (*Fabaceae*) qui regroupe des plantes à visée ornementale, fourragère et alimentaire. Ces dernières se répartissent en 3 groupes : les « légumes secs » (lentilles, pois cassés, pois chiches, fèves, haricots secs, etc), les oléagineux (arachide, soja, etc) et les légumes à cosse (petit pois, haricots verts ; etc) (Cullis et Kunert, 2017).

L'intérêt des légumineuses réside dans la présence en grandes quantités de protéines végétales, des fibres, de minéraux et vitamines et dans la pauvreté en lipides.

Les légumineuses, comme les fèves, les pois et les lentilles, sont riches en lysine, un acide aminé absent dans les céréales qui apportent quant à elles, la méthionine. Ainsi, en associant les deux, on dispose de tous les acides aminés indispensables.

Enfin, il a été montré que les fibres contenues dans les légumineuses ont un impact sur le cancer colorectal en réduisant son risque d'apparition de 38 % (Dagfinn A et al., 2011).

2. Production des légumineuses

2. 1. Production mondiale

Actuellement, la production totale des légumineuses frôle les 80 millions de tonnes dans le monde ; les pays d'Asie fournissent environ 50 % de cette production (FAOSTAT, 2016).

Selon la FAO (2016), l'Inde, le Canada, la Birmanie, la Chine, le Brésil, l'Australie, l'Éthiopie, les USA, la Russie et le Nigéria sont les principaux producteurs mondiaux des légumineuses en 2014 (Figure n°02). Avec 20 millions de tonnes de production, l'Inde est de loin le premier producteur mondial de légumineuse (FAO, 2016).

Partie I : Etude bibliographique

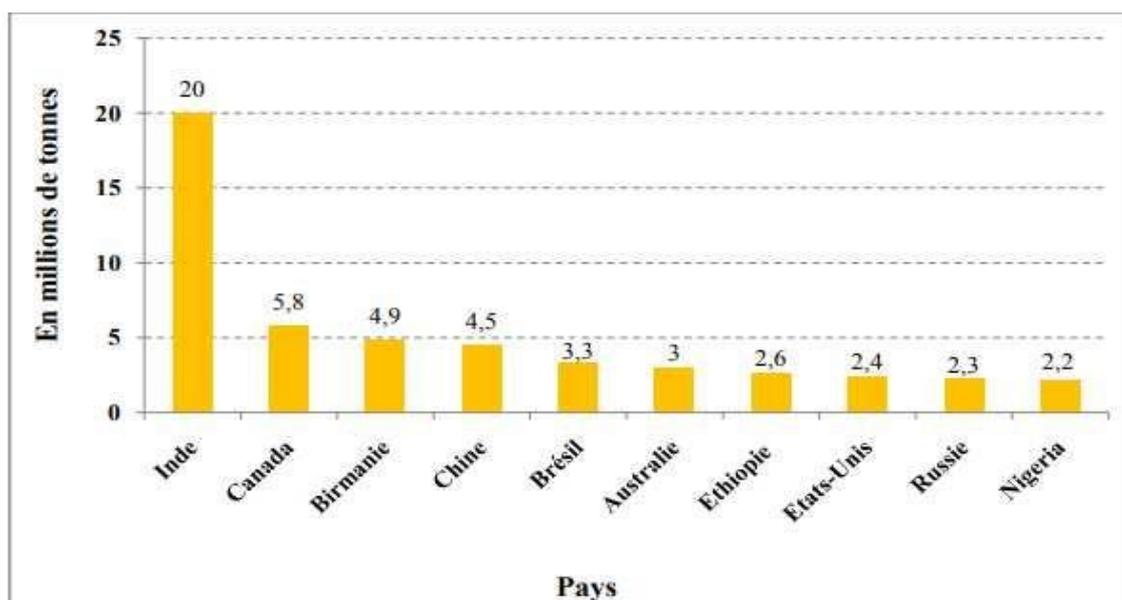


Figure n°02 : Principaux producteurs mondiaux des légumineuses en 2014 (FAO, 2016).

2. 2. Production nationale

En Algérie, les légumineuses alimentaires ont toujours occupé, sur le plan de la superficie, le troisième rang après les céréales et les fourrages. Leur superficie est de l'ordre de 90 mille ha représentant 0,21 % de la superficie agricole totale en 2014. Les espèces les plus cultivées sont : la fève, la fèverole, le pois chiche, le pois sec, les lentilles et l'haricot sec (MADR, 2014).

2.2.1. Pois chiche

La superficie réservée à la culture du pois chiche en Algérie a atteint les 37 % de la superficie totale réservée aux légumes secs en 2014 ; en quatorze ans, cette superficie n'a augmenté que de 16 %. Le Tableau n°02 résume l'évolution de la culture du pois chiche en Algérie durant les quatre dernières années (Ministère d'Agriculture 2020).

Tableau n°02 : Évolution de la culture du pois chiche en Algérie (Ministère d'Agriculture, 2020).

Années	Superficie (Hectares)	Production (Quintaux)
2016	403	3700
2017	406	3898
2018	372.5	4122
2019	483	4347

Partie I : Etude bibliographique

2.2.2. Fève

En Algérie la fève est la plus importante parmi les légumineuses alimentaires avec 58.000 hectares soit 44,3 % de la superficie totale réservée à cette catégorie de cultures. Sa production moyenne annuelle est de 7783.5 quintaux au cours de la période 2016-2019 (**Ministère de l'Agriculture, 2020**).

Cependant les rendements restent les plus faibles dans le monde avec 4,41 q/ha (**Bouznad et al., 2001**). En Algérie, la fève est retenue surtout pour la consommation humaine sous forme de gousses fraîches, ou en grains secs (**Maatougui, 1996 in Lebbal, 2010**).

Sa culture est pratiquée essentiellement au niveau des plaines côtières et de l'intérieur et dans les zones sahariennes. Les pays méditerranéens ont produit 1 093 000 tonnes de fèves, soit 25 % de la production mondiale en 2005 (**Giove et Abis, 2007**). L'Algérie, avec 27000 tonnes occupe le 17^{ème} rang au niveau mondial et le 6^{ème} rang au niveau continental (**Giove et Abis, 2007**). Le Tableau n°03 résume l'évolution de la culture de fève en Algérie durant les quatre dernières années (**Ministère d'Agriculture 2020**).

Tableau n°03 : Évolution de la culture de fève en Algérie (Ministère d'Agriculture, 2020).

Années	Superficie (Hectares)	Production (Quintaux)
2016	608	5946
2017	625.5	7837
2018	804	8514
2019	713	8837

3. Description et taxonomie botanique

3.1. Fève

La fève est une plante herbacée annuelle de taille qui peut dépasser 1.80 m. Présente une tige simple, dressé, non ramifiée, creuse et de section quadrangulaire (**Peron, 2006**). Les feuilles de couleur vert clair, ovales, entières. Elles comportent 2 folioles à la base de la tige puis 3 ou 4 par la suite (**Dominique, 2010**).

Selon **Gallais et Bannerot (1992)**, Les fleurs classiques de Légumineuses sont portées aux aisselles des nœuds reproducteurs en grappes de 2 à 12 selon le type. Les fleurs sont grandes,

Partie I : Etude bibliographique

2 à 3 cm, blanches tachées de noir (**Patrick et al., 2008**). Les fruits sont de longues gousses vertes, épaisses (Figure n°03), contenant, selon le type, de 3 à 12 grains ovales (**Couplen et Maem, 2009**).



a : Forme des graines.



b : Aspect des gousses.

Figure n°03 : Morphologie (a, b) de la fève.

Selon **Dajoz (2000)**, la classification taxonomique de fève est comme suit :

Tableau n°04 : Classification taxonomique de fève (**Dajoz, 2000**).

Règne	<i>Plantes</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous- embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe	<i>Dialypétales</i>
Série	<i>Caliciflores</i>
Ordre	<i>Rosale</i>
Famille	<i>Fabacées</i> <i>(légumineuses)</i>
Sous-famille	<i>Faboideae</i>
Genre	<i>Vicia</i>
Espèce	<i>Vicia Faba L.</i>

Partie I : Etude bibliographique

3.2. Pois chiche

D'après le département de l'agriculture des États-Unis, la classification taxonomique du pois chiche est comme suit :

Tableau n°05 : Classification taxonomique du pois chiche (USDA).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Familles	Fabacées
Genre	Cicer
Espèces	<i>Cicer arietinum</i> L.

3.2.1. Description taxonomique et botanique

Sur le plan botanique, il est décrit comme une plante herbacée annuelle, dressée ou rampante, couverte de poils glanduleux. Sa germination est de type hypogé (les cotylédons restent souterrains). La plante est dotée d'un système racinaire très profond, adapté aux zones arides et sèches. Sa hauteur varie entre 20 et 100 cm. Ses feuilles se composent de 7 à 17 folioles ovales et dentées. Les fleurs peuvent être blanches, bleues ou violettes ; solitaires et pédonculées. La taille des gousses varie de 8 à 41 mm en longueur et de 6 à 15 mm en largeur. Généralement, chaque gousse contient une à deux graines. Le poids de 100 graines varie de moins de 8g à plus de 70g (Figure n°03) (De Falco, 2010).

Partie I : Etude bibliographique



a : Forme des graines de pois-chiche.



b : Aspect des gousses.

Figure n°04 : Morphologie (a, b) du pois-chiche.

3.2.2. Différent types de pois chiche

Les pois chiches sont cultivés dans diverses régions du monde, il en existe deux principaux groupes : Kabuli et Desi (**Sanjeeva et al., 2010**).

Le pois chiche de type Kabuli est caractérisé par des graines de couleur beige ayant la forme d'une tête de bélier, tégument mince, et une surface lisse. Les pois chiches de types de Kabuli ont généralement des graines de grande taille (**Jendoubi et al., 2017**). Le pois chiche avec des téguments colorés et épais sont appelés Desi. Les couleurs des graines incluent diverses nuances et combinaisons de marron, jaune, vert et noir. Les graines sont généralement petites et angulaires avec une surface rugueuse (**Gaur et al., 2010**).

Plusieurs nouvelles variétés de pois chiche Desi et Kabuli ont été développées grâce à des programmes de recherche menés respectivement par l'ICRISAT et l'ICARDA (**Shiferaw et al., 2007**). Il a été admis que le pois chiche Kabuli était dérivé du pois chiche Desi par la mutation suivie par sélection consciente (**Jana et Singh, 1993**).

4. Composition et valeur nutritionnelle des légumes secs

Les légumineuses sont caractérisées à la fois par une forte densité énergétique et nutritionnelle, ils jouent un rôle essentiel sur le plan nutritionnel et économique en raison de leur place dans l'alimentation des millions de personnes. Leur importance alimentaire est due au fait qu'elles sont riches en protéines, deux fois plus que dans le blé et trois fois plus que dans le riz. Contrairement aux sources alimentaires de protéines d'origine animale, les graines sèches des légumineuses ne contiennent pas de résidus d'hormones ou d'antibiotiques utilisés dans la production animale (**FAO,**

Partie I : Etude bibliographique

2016) ainsi qu'elles fournissent de nombreux éléments minéraux essentiels, comme le calcium et le fer (FAO/SMIAR, 2001).

La qualité nutritionnelle d'une protéine se définit en premier lieu par sa composition en acides aminés, et sa digestibilité. Les protéines de légumineuses sont généralement riches en acides aminés indispensables (20-45 %) et en particulier en lysine (Maphosa et Jideani, 2017), mais elles sont relativement pauvres en acides aminés soufrés et en tryptophane (Ait Saada D et al., 2016).

D'un point de vu nutritionnel, les graines de légumineuses peuvent se répartir en deux groupes. Le premier groupe correspond à des graines riches en glucides, et notamment en amidon (40-50 % du produit sec), et pauvres en matières grasses (1-6 % du produit sec), c'est le groupe le plus important et il rassemble entre autres le pois, la fève, les haricots secs, le pois chiche, les lentilles, la cornille et le pois bambara. Le second groupe correspond à des graines plus riches en matières grasses et contenant peu d'amidon. Ce groupe rassemble notamment le lupin et le soja qui contiennent respectivement 10 et 20 % de lipides (Rémond D., Walrand S, 2017).

Les légumineuses ont des teneurs naturellement faibles en acides gras saturés, et exemptes de cholestérol. Ces végétaux ont également un faible indice glycémique, généralement compris entre 10 et 40. Les graines de légumineuses constituent également une source importante de fibres, de vitamines du groupe B (notamment de folates), ainsi que de minéraux (fer, zinc, calcium) (Rémond D., Walrand S, 2017).

5. Facteurs antinutritionnels des légumes secs

Les protéines n'ont de valeur biologique que dans la mesure où elles sont absorbées et retenues dans l'organisme. Or, les légumineuses renferment d'autres protéines que celles citées et les accompagnent à l'intérieur des corps protéiques et qui interfèrent sur leur digestibilité et leur absorption. Elles sont rassemblées sous le vocable de "facteurs antinutritionnels". Parmi ces derniers, les principaux sont les inhibiteurs de la trypsine et les phyto-hémagglutinines (ou lectines). Les premiers entravent l'action d'hydrolyse des protéases (trypsine, chymotrypsine) en les complexant. Les seconds altèrent et atrophiaient les villosités de la muqueuse intestinale et ont la propriété immunologique de précipiter les globules rouges (anémie) (Calet, 1992).

D'autres éléments non protéiques apparaissent également comme anti-nutritionnelles (Tanins, pectines, cellulose, etc). Ils interfèrent avec les antitrypsines et les phyto-hémagglutinines dans la digestibilité des protéines. Les graines décortiquées en sont plus pauvres que les graines entières (Calet, 1992).

Partie I : Etude bibliographique

La faible digestibilité des légumes secs n'est pas due seulement à la présence des facteurs anti-nutritionnelles, mais aussi à la structure de leurs protéines et l'enveloppe glucidique qui les protège (6.5 % de sucre protège les globulines des protéases) (Calet, 1992).

5.1. Facteurs anutritionnels de la fève

La fève contient des substances anti nutritionnelles tels que : les tannins qui réduisent la digestibilité des protéines et les dérivés de la vicine et convicine qui causent le favisme seulement chez les personnes ayant un déficit en glucose-6-phosphate déshydrogénase dans le sang. La plupart de ces substances sont éliminées par la cuisson ou par simple trempage, elles sont aussi enlevées par des traitements physico chimiques ou par la sélection de nouveaux cultivars à faible teneur en vicine et convicine (Crepon *et al.*, 2010).

5.2. Facteurs anutritionnels du pois chiche

Le pois chiche est généralement d'une faible teneur en facteurs antinutritionnels tels les inhibiteurs d'amylases, dont les activités sont encore réduites par la cuisson (Knights, 2004).

Partie I : Etude bibliographique

CHAPITRE 3 : TECHNOLOGIE BISCUITIERE

1. Définition

Le terme "biscuit" est dérivé du mot latin "*bis coctus*", qui signifie "cuit deux fois" (Gallagher, 2008).

Selon (Broutain, 2001) ; le biscuit est un produit sec obtenu à partir d'une cuisson d'une pâte constituée d'un mélange de farine composés (Blé et autres céréales et/ou légumineuse locales), de matière sucrante, de matière grasse et de tout autres produits alimentaires, parfum et autres condiments.

Le biscuit est une matrice complexe constituée de plusieurs cavités avec différentes tailles et formes, qui sont formées pendant la cuisson quand les gaz de levée et la vapeur d'eau sont libérés. Ces cavités sont des porosités formées par l'expansion des bulles d'air (air pockets) piégées durant le pétrissage (Fustier, 2006). La texture des biscuits est attribuée en premier lieu à la gélatinisation de l'amidon et le sucre refroidi plutôt qu'à la structure protéine/amidon. Néanmoins, les biscuits sans-gluten commercialement disponibles, sont à la base des amidons pures (natives) et pour cela ils sont d'une qualité organoleptique inférieure (Gallagher, 2004 a ; Ardent et al., 2009).

2. Classification

En raison de la grande variation des productions ; il n'existe pas de classification officielle des biscuits. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (Kiger et al., 1967 ; Mohtedji-Lambalais, 1989 ; Feuillet, 2000).

- **Les pâtes dures ou semi-dures** : donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse-croûte, sablés, petit beurre, etc.
- **Les pâtes molles** : s'adressent à la pâtisserie, Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que boudoirs, langues de chat et moelleux tels que génoises, madeleines, cakes, macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses. Ils représentent environ 26.5 % de la consommation (Broutain, 2001).
- Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes (10.5 % de la consommation) (Broutain, 2001).

Partie I : Etude bibliographique

3. Généralités sur les cookies

Les cookies sont l'un des produits de boulangerie de collation prêts-à-manger les plus connus (**Farheena et al., 2015**). Ils possèdent plusieurs caractéristiques attrayantes, dont une grande consommation, plus pratique avec une longue durée de conservation et ont la capacité de servir de véhicules pour des éléments nutritifs importants (**Ajibola et al., 2015**). Ce sont des produits de confiserie séchés à une faible teneur en humidité par rapport aux biscuits (**Okaka, 2009**) avec une texture plus mouleuse (**Ifis, 2005**). Ils peuvent être faits à partir de pâte dure, de pâte sucrée dure ou de pâte molle (**Olaoye et al., 2007 ; Nwosu, 2013 ; Farheena et al., 2015**).

Les cookies sont caractérisés par une formule riche en sucre et en matière grasse et faible en eau. Ils diffèrent des autres aliments cuits au four comme le pain et les gâteaux par ce qu'ils ont une faible teneur en humidité, les rendant relativement exemptes de détérioration microbienne et ayant une longue étagère (**Hanan, 2013**).

Les principaux ingrédients des cookies sont la farine, la graisse (margarine), le sucre et l'eau, et d'autres ingrédients tels que les œufs, le sel, les agents aérant, les agents émulsifiants et les agents aromatisants qui peuvent être inclus. Ils peuvent également être enrichi par d'autres ingrédients afin de répondre à des besoins nutritionnels ou thérapeutiques spécifiques (fruits secs : les oléagineux et fruits déshydraté) (**Ajibola et al., 2015**).

La qualité et la quantité des ingrédients incorporés pour la formation de la pâte à cookies déterminent les propriétés sensorielles recherchées par le consommateur en termes d'aspect visuel (couleur de la croûte et la croustillance), gustatif (goût sucré, moelleux en bouche, etc) et olfactif, mais aussi ses propriétés de conservation (**Rada-Mendoza M, 2004 et Slade L et al., 2014**).

4. Principaux ingrédients et leurs effets

Dans la fabrication des biscuits, les principaux ingrédients sont, la farine, l'eau, le sucre et la matière grasse. Une variété de forme et de textures peut être produite en changeant les proportions de ces ingrédients (**Maache-Rezzoug et al., 1998a ; Feillet, 2000**).

4.1. Farine

Généralement, les farines utilisées pour la fabrication des biscuits sont obtenues après la mouture des graines de blé tendre, avec une faible teneur en amidon endommagé (**Abdel-Aal M.E, 2009**).

La valeur technologique d'une farine se juge d'après son aptitude à donner une pâte machinale, c'est à dire une pâte qui ne doit pas coller, mais doit résister à un certain degré de brisure et pouvoir s'étendre en couches minces sans se briser, sans craqueler à la surface, ni se rétrécir, ni se crêper et aussi donner un biscuit de qualité (**Fustier, 2006**).

Partie I : Etude bibliographique

L'élimination du gluten est un problème majeur pour les boulangeries, car le développement du réseau glutineux dans les pâtes biscuitières est minime et indésirable (à l'exception de quelques "semi-sweet" biscuits qui peuvent avoir un système glutineux développé) ; la texture des biscuits après cuisson est attribuée à la gélatinisation de l'amidon et au sucre refroidi plutôt qu'à la structure protéine/amidon (Gallagher, 2004 a).

- **Valeur nutritionnelle**

La farine est un composé complexe (Tableau n°06) comportant différents constituants (protéines, lipides, sucre, etc) qui jouent un rôle direct ou indirect dans la structuration et l'aération de la pâte.

Tableau n°06 : Composition de la farine de blé (Denis Herrero, 2013).

Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 grammes de farine	
Valeur calorique	340 Kcal (1460 kilojoules)
Protides	8 à 12% de protéines dont 85 à 90% insolubles (gliadine, gluténine) et 10 à 15 % solubles
Lipides	1,2 à 1,4%
Glucides	60 à 72% d'amidon (sous forme d'amylose et d'amylopectine), 1 à 2% de sucres simples
Sels minéraux	0,45 à 0,6% Potassium, phosphore, magnésium, soufre, calcium, sodium, cuivre, fer
Eau	13 – 16 %
Fibres	< 4 %
Vitamines	Traces de B- PP- E

Partie I : Etude bibliographique

4.2. Matière grasse

En biscuiterie, les matières grasses utilisées sont généralement d'origine végétale (Mohteddji-Lambalais, 1989 ; Feillet, 2000).

Le gras est le principal ingrédient responsable de la tendresse des biscuits (Pareytet *al.*, 2009), ils facilitent la mastication et permettent de mieux avaler le produit (Drewnowski A *et al.*, 1989).

Les matières grasses améliorent aussi l'intensité aromatique (Zoulias E *et al.*, 2002) en jouant un rôle de précurseurs d'arômes, transporteurs d'arômes liposolubles et agents libérateurs d'arômes (Drewnowski A, 1992 ; Drewnowski A *et al.*, 1998).

En biscuiterie, la matière grasse joue un rôle d'agent plastifiant et agit en tant que lubrifiant, ils contribuent à l'étalement du biscuit (Benkadri, 2010). Dans le cas des pâtes fermes à faible taux d'hydratation (biscuits secs) elle accroît la plasticité de la pâte, ce qui se traduit par une diminution de sa consistance sans qu'il soit nécessaire d'ajouter de l'eau supplémentaire, qu'il faudra par la suite évaporer (Benkadri, 2010). La valeur nutritionnelle pour 100g de matière grasse végétale est présentée dans le tableau suivant :

Tableau n°07 : valeur nutritionnelle de la matière grasse végétale (Denis Herrero et Germain Etienne, 2013).

Valeur calorique	741 kcals (3097 kilojoules)
Lipides	82 %
Glucides	0.2 %
Eau	16 %
Divers	Dont minéraux, vitamines et additifs divers (émulsifiant, acidifiant, conservateur, antioxydants, arôme, ...) 1.8%

4.3. Sucre

Le saccharose est le troisième ingrédient important utilisé dans l'industrie biscuitière, il représente de 15 à 25 % dans la formule des biscuits secs (Feillet, 2000) Comme le sucre garde l'eau ; il joue le rôle d'un durcisseur, et cause la cristallisation des biscuits au cours le refroidissement ce qui les rend croustillant et friable (Maache-Rezzoug *et al.*, 1998a).

Partie I : Etude bibliographique

Dans la fabrication des biscuits, le sucre influence le goût, les dimensions, la couleur, la dureté et la surface du produit fini ; dans la pâte, le sucre aide à retarder le rancissement de la matière grasse et la multiplication microbienne dans les biscuits. Ainsi, il favorise une pression osmotique élevée et diminue l'activité de l'eau, ce qui prolonge la durée de conservation (**Menad et al., 1992**).

- **Valeur nutritionnelle**

La fonction principale du sucre est d'apporter de l'énergie à l'organisme. En effet, les glucides ont la capacité d'apporter 4 kilocalories (kcal) par gramme de sucre à l'organisme. On pourra d'ailleurs préciser que les sucres lents fourniront de l'énergie sur le long terme alors que les sucres rapides apporteront de l'énergie instantanément (**Renwick A.G et Molinary S.V, 2010**). La valeur nutritionnelle pour 100g du saccharose est décrite dans le tableau n°08.

Tableau n°08 : Composition du saccharose (Darmon M et Darmon N, 2008).

Valeur nutritionnelle	(100 g de sucre)
Valeur calorique	398 kilocalories (ou 1 690 kilojoules)
Protéine	0 %
Glucide	99.6 %
Lipide	0%
Vitamines	0%
Minéraux	1% de magnésium potassium fer cuivre manganèse.
L'eau	0 %

4.4. Eau

L'eau est utilisée d'une façon primordiale dans tout le processus de la fabrication des produits alimentaires y est compris les biscuits, c'est un substrat des principales réactions biochimiques et microbiologiques (**Denis Herrero et Germain Etienne, 2013**).

L'eau assure la dissolution des composés solubles et est donc essentielle pour l'homogénéité et la cohésion de la pâte biscuitière. Elle intervient dans la plupart des réactions physico-chimiques ayant lieu dans la pâte (**Eliasson A et Larsson K, 1993**).

L'augmentation de la quantité d'eau produit une réduction de la consistance et une augmentation de la fluidité et de l'adhérence de la pâte, par contre sa diminution rend la pâte fragile

Partie I : Etude bibliographique

et provoque une formation d'une croûte dû à la déshydratation à la surface (**Maache-Rezzoug et al., 1998 a**).

4.5. Œufs

L'œuf est un ingrédient hautement fonctionnel possédant des attributs essentiels à la fabrication des biscuits :

Les œufs sont de bons agents moussants incorporables dans des produits de cuisson. Sous l'effet de la chaleur les protéines des œufs vont coaguler et ainsi maintenir une structure de mousse stable (**Abderrazak Marouf, 2015**).

La coagulation est une propriété importante utilisée dans la fabrication de certains biscuits tels que les cookies car les protéines coagulées de l'œuf permettent de lier les autres ingrédients entre eux et d'accroître la texture moelleuse (**Abderrazak Marouf, 2015**).

4.6. Poudre levante

L'agent de base de la poudre levante est le 'bicarbonate de sodium ou de potassium' qui libère sous l'effet d'une température supérieure ou égale à 90°C du dioxyde de carbone (**Duncan Manley, 2011**).

4.7. Cacao

La poudre de cacao est obtenue par broyage du tourteau de cacao ; obtenu après l'extraction du beurre des fèves de cacao broyées. En général, la teneur en matière grasse de la poudre de cacao est de 10 à 24%. Le beurre de cacao obtenu par pressage est séparé, filtré et réutilisé comme ingrédient pour le chocolat et de nombreux produits dérivés du cacao (**Caligiani A et al., 2016**).

La poudre de cacao naturelle a un goût très amer et donne une saveur profonde de chocolat et une couleur sombre aux produits de boulangerie. Sa saveur intense le rend bien adapté pour une utilisation dans la biscuiterie, les biscuits et certains gâteaux au chocolat où sa saveur subtile complète d'autres ingrédients. Lorsque le cacao naturel (un acide) est utilisé dans des recettes faisant appel au bicarbonate de soude (un alcali), il crée une action levante qui fait lever la pâte lorsqu'elle est placée au four (**Shirley O et Corriher, 2007**).

Partie I : Etude bibliographique

4.8. Chocolat

Le chocolat est une recette qui se compose de plusieurs éléments dont les principaux sont extraits des fèves de cacao (le beurre de cacao et le cacao en poudre) mélangés à d'autres intrants tels que le sucre et la poudre de lait (**Isabelle Christian, 2018**).

En pâtisserie, le chocolat donne de la structure et absorbe l'humidité. Les gâteaux formulés avec du chocolat ont généralement besoin de plus d'eau et d'œufs entiers que ceux sans produits à base de cacao. Il ajoute également de la texture grâce à sa teneur en matières grasses (**Stauffer, 1996**).

5. Diagramme de fabrication

Le procédé de fabrication d'un biscuit comprend les étapes suivantes :

5.1. Préparation de la pâte et pétrissage

Les ingrédients sont mélangés tous ensemble en une seule fois mais sont incorporés dans le pétrin dans un ordre précis. Le sucre puis la matière grasse (margarine) sont introduits en premier (**Selon le Codex Alimentarius, FAO/OMS, 2006**). Un volume d'eau distillée est ensuite versé. La farine préalablement mélangée avec la poudre à lever en dernier (**Chevalier et al., 1999 et Zehentbauer et al., 1998**).

Le pétrissage de la pâte s'effectue dans un pétrin, menu d'un bol de pétrissage à une capacité, une vitesse précises et une durée de pétrissage de 10 min. C'est l'optimum de temps pour l'obtention d'une pâte cohérente, non collante et d'une bonne malléabilité (**Assifaoui et al., 2006**).

5.2. Mise en forme et moulage

Il consiste à façonner la pâte à l'aide d'un moule. Le moule est ensuite recouvert avec un film en plastique pour empêcher le dessèchement des pâtons. Ceux-ci reposent ensuite pendant 20 min à une température moyenne de 25°C (**Fellueit, 2000**).

5.3. Cuisson

La cuisson est conduite dans des fours tunnels à température et temps de cuisson réglables (**Bimbenet et al., 2002**).

Fellueit (2000) ; a résumé la cuisson d'un biscuit en un ensemble d'événements Physico-chimiques suivants :

- Fusion très rapide des corps gras dès 15°C jusqu'à 50°C, dégagement des gaz entre 55 et 70°C ;

Partie I : Etude bibliographique

- dépassement de la température de transition vitreuse des protéines et apparition d'une phase continue dans la pâte (formation d'un réseau protéique) ;
- augmentation de la viscosité du milieu, et de l'étalement du biscuit ;
- perte d'eau et séchage des biscuits jusqu'à une teneur en eau finale de 1à5% (selon les produits) et rigidifications des édifices moléculaires ;
- diminution de la masse volumique associée à l'apparition d'une structure poreuse ouverte ;
- formation des dérivés de la réaction de Maillard, dextrinisation partielle de l'amidon, caramélisation des sucres et coloration en surface des produits (plus la température de surface des biscuits est élevée, plus ceux-ci sont colorés).

5.4. Refroidissement

Le refroidissement à l'aire libre (température ambiante) c'est le mode le plus correct est jugé meilleur qu'un refroidissement accéléré car il permet au produit de se refroidir progressivement à l'écart de tout choc thermique provoquant les fissurations et la cassure du biscuit. Après le refroidissement, les biscuits sont pesés puis mis dans des sachets en plastiques bien fermés pour être conservés (**Boudreau et al., 1992**).

6. La pâte biscuitière et la cuisson

6.1. Formation de la pâte

La pâte est le produit intermédiaire entre la farine et le biscuit et de ses qualités dépend la réussite industrielle finale. En effet, la rhéologie de la pâte est d'importance considérable dans la fabrication de biscuit. Ainsi, une pâte trop ferme ou trop molle, ne se traitera pas d'une manière satisfaisante sur l'équipement approprié de formation de la pâte et ne donnera pas un produit satisfaisant (**Manohar et Rao, 2002**).

Le pétrissage, parfois le malaxage, est employé afin de développer un produit avec des caractéristiques désirable plutôt qu'assurer l'homogénéité, cependant un pétrissage excessif peut altérer la pâte (**Fellows, 2000**).

Il faut noter qu'une variation de 1% de la teneur en eau change considérablement les diverses caractéristiques rhéologiques de la pâte biscuitière. Ces caractéristiques sont très importantes comme ils influencent la machinabilité de la pâte et aussi la qualité du produit fini (**Manohar et Rao, 1999**).

Pour la fabrication des biscuits sans-gluten, la farine de blé tendre doit être remplacée par autres ingrédients exemptes de gluten. Ces ingrédients ne remplacent pas uniquement l'amidon mais aussi les fractions protéiques (**Gallagher, 2008**).

Partie I : Etude bibliographique

6.2. Cuisson des biscuits

C'est une étape clé durant laquelle la pâte se transforme en un produit poreux digestible ayant une saveur, sous l'influence de la chaleur (**Lara et al., 2011**). Elle détermine les propriétés physiques du biscuit y compris les dimensions (diamètre et épaisseur), le poids et le teneur en eau du biscuit (**Cronin et Preis, 2000**).

Durant la cuisson, la viscosité de la pâte diminue, provoquant l'étalement et l'expansion dans toutes les directions. La matière grasse se fond et le sucre se dissout ce qui augmente la fluidité, ainsi permet l'expansion du biscuit (**Schober, 2009**).

Les réactions biochimiques et physico-chimiques dans la pâte biscuitière pendant la cuisson sont très complexes et elles concernent : la dénaturation des protéines, perte de la structure granulaire de l'amidon ; fonte de la matière grasse, réaction de Maillard, expansion de la pâte résultant de l'évaporation de l'eau et aussi de l'expansion thermique des gaz (**Lara et al., 2011**).

7. Critères d'évaluation de la qualité organoleptique d'un biscuit

Le consommateur est attiré par différentes propriétés des biscuits : la forme, la saveur, les arômes, la texture, l'aspect et la couleur (**Haoua et Tingali, 2007**).

7.1. Texture

Elle entre pour une part importante dans l'appréciation qualitative d'un biscuit sec par le consommateur. Des mesures simples peuvent, dans un premier temps, renseigner de façon satisfaisante sur les propriétés texturales d'un biscuit sec comme :

- Une évaluation initiale de la dureté qui est fortement corrélée avec la perception de la friabilité du biscuit ;
- une perception de la mastication et l'adhésion, l'humidité, si le produit est gras, avec une évaluation de la taille et la géométrie des particules de biscuit ;
- une perception de la vitesse de fracturabilité de biscuit pendant la mastication, l'évaporation de l'eau pendant la cuisson, etc (**Fellows, 2000**).

7.2. Couleur

C'est un facteur déterminant dans la définition de la qualité de n'importe quel aliment et elle est un trait que le consommateur remarque immédiatement comme elle influence l'impression sensorielle subjective (**Lara et al., 2011**).

Partie I : Etude bibliographique

7.3. Goût, flaveur et arôme

Les attributs du goût sont le salé, le sucré l'amère et l'acidité. Les composants volatiles d'arôme sont produits sous l'effet de la chaleur, l'oxydation, l'activité non enzymatique sur les protéines, la matière grasse et les carbohydrates (ex. réaction de Maillard) (**Fellows, 2000**).

Partie II : Matériel et méthodes analytiques

L'objectif de ce travail est la formulation d'un biscuit sans gluten à base de farine de fève et de pois chiche, visant comme consommateur final les malades cœliaques.

I. Matériel

1. 1. Fève

La variété de fève, *Vicia faba major*, utilisée dans notre étude est « Aguadulce ». C'est une production locale qui a été fournie par la CCLS de Bouira, récoltée en 2019. Ce sont des graines moyennes de taille de couleur marron foncée (Figure n°05).

1. 2. Pois chiche :

Le pois-chiche, *Cicer arietinum*, est récolté en 2019. Il appartient à la variété « FLIP 90.109 », fourni par la CCLS de Bouira. Il présente une forme anguleuse et une couleur beige (Figure n°05).



Figure n°05 : Échantillons des deux légumes secs de l'étude.

Le choix de ces légumineuses repose sur le fait que le pois chiche et la fève sont localement produits et disponibles sur le marché (Benatallah, 2009). Et repose aussi sur les habitudes alimentaires, sachant que cette légumineuse se trouve dans la plus part des préparations culinaires algériennes et aussi les gâteaux (Labdi, 1990).

1. 3. Sucre

Le sucre employé est un sucre blanc cristallisé, conditionné dans des sachets de 1 kg par Cevital SPA, Bejaia.

1. 4. Matière grasse

Notre matière grasse est une margarine du commerce produite par Cevital SPA–Bejaia nommée Fleurial en plaquette.

1. 5. Levure chimique

La poudre à lever utilisée a été achetée du marché local. Est un produit chimique à usage alimentaire. Elle est sans gluten vendu sous le nom « Nouara », fabriquée à Tizi-Ouzou.

1. 6. Cacao

Le cacao utilisé est un produit 100% cacao de la marque El Amir.

1. 7. Pépites de chocolat

Les pépites de chocolat utilisées sont de 0.07 grammes de masse et de la marque Chocodada fabriquées par Ets Tadj El Amir, Constantine.

2. Méthodes analytiques

2.1. Caractéristiques des matières premières

Les dimensions (longueur/largeur) des graines de pois chiche et de fève employées dans notre étude. Sont mesurées à l'aide de papier millimétré. Les mesures sont faites sur cinq lots de dix graines prises au hasard (annexe n°5).

2.2. Traitement préliminaire de la fève et du pois chiche

2.2.1. Nettoyage et conditionnement

Les grains des légumineuses utilisés ont subi un triage manuel afin d'éliminer les grains endommagés, pierres, cailloux, graines étrangères, insectes etc. Ensuite, un lavage avec de l'eau pour éliminer les souillures de surface suivi d'un égouttage et d'un séchage à l'air libre.

Pour la fève, les grains ont subi un décorticage manuel et un dégermage.

2.2.2. Mouture et tamisage

Les grains des légumineuses sont broyés à l'aide d'un moulin à grains électrique, le but du broyage est de réduire les grains à des particules plus fines.

Les broyats obtenus sont passés à travers un tamis d'ouverture de mailles de l'ordre de 200 μm et dont le passant constitue la farine. Cette opération a pour objectif la séparation de la fraction utilisable. Ensuite, on mélange la farine des deux légumineuses à raison de 50 % pour la farine de pois chiche et 50 % de farine de fève afin d'obtenir la farine qui servira à la préparation des cookies.

2.3. Formulation des pâtes

Tableau n°09 : Pourcentage des ingrédients des 3 recettes préparées.

Les recettes		Recette 1	Recette 2	Recette 3
Les ingrédients	Farine	200g	340g	180g
	Sucre	100g	224g	150g
	Margarine	110g	140g	150g
	Œufs	2 jaunes d'œufs (32g)	1 jaune d'œuf (16g)	1 jaune d'œuf (16g)
	Cacao	25g	20g	20g
	Arôme	10g (vanille)	1.6 (zeste de citron)	5g (zeste de citron)
	Levure chimique	/	2g	3g
	Eau	50g	92g	25g
	Autre	Une pincé de sel	Pépites de chocolat	Pépites de chocolat

Avant d'arriver à la recette finale des cookies, 3 recettes ont été préparées en jouant sur le pourcentage des ingrédients : farine de fève et de pois chiche, sucre, margarine, eau, œufs et la levure. Le tableau 9 résume le pourcentage des ingrédients utilisés.

Après la réalisation des 3 recettes, un test de dégustation sera fait par un jury de 20 dégustateurs dans le but de sélectionner la meilleure recette parmi les 3 préparées.

2.4. Préparation des cookies

2.4.1. Pétrissage

Les pâtes à biscuit sont obtenues à l'aide d'un pétrin de marque (condor) d'une Puissance de 1200W, doté d'un mélangeur simple bras et d'un régulateur de vitesse. 150g de sucre, 150g de margarine, 16g de jaune d'œuf et 7g de zeste de citron sont introduits en premier dans la cuve du pétrin en acier inoxydable. 25g d'eau de robinet est ensuite ajoutée. A la fin rajouter 180g de farine préalablement mélangée avec 20g de cacao et 3g de la poudre à lever. Les ingrédients sont mélangés tous ensemble pendant 10 min (Figure n°06).

2.4.2. Mise en forme et moulage

Pour la mise en forme de notre biscuit, nous avons utilisé un moule en silicone (la longueur 30 cm, la largeur 28 cm et la hauteur 2 mm), de 24 empreintes. Chaque empreinte a renfermé un volume de pâte à poids constant (15g) d'une forme ronde.

Le moule est ensuite recouvert avec un film en plastique pour empêcher le dessèchement des pâtons. Ceux-ci reposent ensuite pendant 10 min à une température ambiante (25°C).

2.4.3. Cuisson et conservation

La cuisson est réalisée dans un four électrique à une température de 180°C pendant 15 minutes par appréciation de la couleur de surface des cookies. Après cuisson, les cookies sont refroidis à température ambiante (25°C) pendant 30 minutes, les cookies sont pesés puis conservés dans une boîte métallique à une température ambiante.

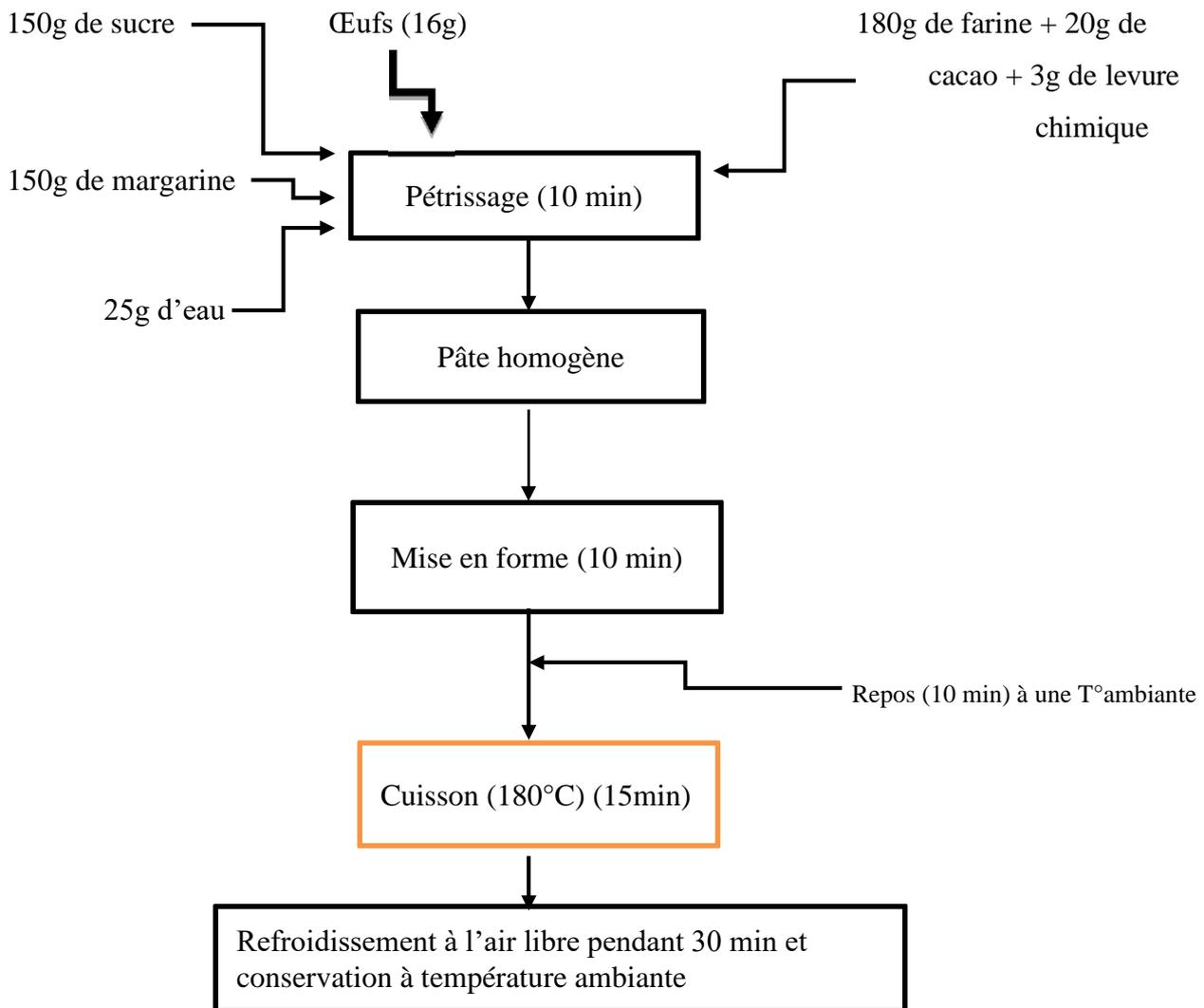


Figure n°06 : Diagramme de fabrication des cookies sans gluten (Annexe n°06).

2.5. Analyse sensorielle des cookies issus des 3 formulations

L'évaluation de la qualité organoleptique des cookies est faite par une analyse sensorielle qui permet d'étudier les caractéristiques sensorielles des produits en faisant intervenir l'homme comme "instrument de mesure" à partir de ses 5 sens : odorat, goût, vue, ouïe et toucher. Pour cela nous avons opté pour un test de classement par rang et un test de classement par notation selon la norme AFNOR V09-014 d'avril 1982 (AFNOR, 1995).

Le jury est constitué de 20 dégustateurs que l'on peut qualifier « naïfs » Les participants n'ont aucune notion préalable sur le produit.

2.5.1. Test de classement par rang

Les dégustateurs doivent classer par rang les échantillons codés en fonction d'acceptation en allant du moins acceptable au plus acceptable (Watts B.M et al., 1991).

Trois échantillons de cookies de composition différente ont été présentés simultanément à chaque dégustateur dans un ordre bien précis, codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. (001, 002,003). Chaque échantillon a un numéro distinct, et ils ont droit de goûter plusieurs fois les échantillons.

2.5.2. Test descriptif

Les descripteurs des propriétés organoleptiques retenus pour l'évaluation des cookies sont: la couleur, l'odeur, le goût, la texture et la forme.

L'examen gustatif

Les dégustateurs doivent noter sur une échelle de 1 à 3 l'intensité du descripteur sensoriel au fur et à mesure de la dégustation, la durée du test ne doit pas excéder 30 minutes afin d'éviter les phénomènes de désaturation, pour conserver une sensibilité constante, les dégustateurs boivent de l'eau entre chaque dégustation.

L'attribution des notes s'effectue en respectant la notation expliquée dans le tableau suivant :

Tableau n°10 : Attribution de chaque critère.

Attributions	1	2	3
Couleur	Désagréable	Acceptable	Excellent
Texture	Dure	Moelleux	Croustillant
Forme	Déformé	Arrondi	Présentable
Goût	Arrière-goût	Non sucré	Bon
Odeur	Désagréable	Fade	Très agréable

3. Méthodes d'appréciation de la qualité des farines utilisées et des cookies

3.1. Analyses physico-chimiques

3.1.1. Détermination de la teneur en eau des farines et des cookies

La teneur en eau des farines utilisées est déterminée selon la norme ISO 1666 par séchage d'une prise d'essai d'environ 5 g pour les farines de fève, de pois chiche et du mélange des deux farines, à l'aide d'une étuve ventilée, à une température de 130°C pendant 1h30 (jusqu'à l'obtention d'une masse constante). Les pesées sont effectuées avec une balance analytique ayant une précision de 10^{-4} .

La teneur en humidité (H) pour 100 g de produit sec est calculée selon la formule suivante :

$$H = \frac{(N1+N2)-Nc}{N0} \times 100$$

$m0$: est la masse de la prise d'essai ;

ms : est la masse du résidu après séchage ;

$m1$: masse de bicher vide ;

$m2$: masse de la farine.

3.1.2. Teneur en cendre des farines et des cookies

La teneur en matière minérale existant dans les différentes farines est déterminée par incinération d'une prise d'essai de 3 g dans un four à 900°C selon la norme ISO 2171:2007.

La minéralisation est poursuivie pendant 3 heures jusqu'à combustion totale de la matière organique et apparition d'un résidu blanchâtre.

La teneur en cendres "C" en g pour 100 g de produit sec est calculée par la relation :

$$C = Ri \times \frac{100}{Pe} \times \frac{100}{(100 - H)}$$

Ri : résidu après incinération en g ;

Pe : prise d'essai de l'échantillon humide en g ;

H : humidité de l'échantillon en % de la masse humide.

3.1.3. pH des farines et des cookies

Le potentiel hydrogène est déterminé par la méthode de référence (NFV05-108) et applicable aux liquides et aux produits secs après dilution appropriée. La détermination du pH consiste à mesurer la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans une solution aqueuse de farine de pois chiche et de fève et du mélange des deux farines diluées dans de l'eau distillée. Les résultats sont lus directement sur l'écran de pH-mètre préalablement étalonné.

3.2. Analyses biochimiques des farines et des cookies

3.2.1. Teneur en protéines

La teneur en protéines totales est calculée après dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl décrite par la norme ISO 20483. Le principe de la méthode consiste en une digestion avec un acide fort, de sorte qu'il libère de l'azote qui peut être déterminé par une technique de titrage appropriée. La quantité de protéine présente est ensuite calculée à partir de la concentration en azote des aliments. Une fois que la teneur en azote est déterminée, elle est convertie en teneur en protéines en utilisant un facteur de conversion approprié de 6,25 (équivalent à 0,16g d'azote par gramme de protéine) pour la farine de fève et de pois-chiche (Rhee, 2001 ; Welch, 2005).

Les prises d'essai ont été fixées de façon à ce qu'elles renferment entre 0.005g et 0.2g d'azote et de préférence une quantité supérieure à 0.02g; pour cela, nous avons retenu 1g pour les farines de fève et de pois chiche.

La teneur en azote totale pour 100g de produit sec est calculée selon la formule suivante :

$$N\% = 14 \times D \times V \times N \times 1000 \times \frac{100}{P_e} \times \frac{100}{(100-H)}$$

14 : masse en gramme d'un atome d'azote ;

D : facteur de correction (coefficient de dilution de l'échantillon) ;

V : volume en ml de NaOH titrant ;

N : normalité de NaOH titrant (0.01) ;

P_e : masse en gramme de la prise d'essai ;

1000 : facteur de conversion du volume de l'acide titrant du ml en litre (la normalité "N" est en eq-g/l) ;

H : teneur en eau de l'échantillon en % de la masse humide.

3.2.2. Teneur en lipides totaux

Le dosage des lipides totaux est réalisé selon le protocole défini par la norme AFNOR NFV03-713. Les lipides totaux sont extraits indifféremment de la farine et des cookies à l'aide d'un mélange ternaire (méthanol / chloroforme / eau, 1/1/0,8 ; v/v).

La présence d'un alcool permet tout d'abord, d'inhiber les activités lipasiques. La combinaison d'un solvant polaire et d'un solvant apolaire permet de rompre les liaisons établies entre les lipides et les autres constituants.

Enfin, la présence d'eau d'une certaine force ionique permet de décanter le chloroforme, dans lequel se solubilisent les lipides, du mélange méthanol / eau.

Après centrifugation à 5 000 g pendant 30 min à 4 °C, la phase chloroformique est prélevée et concentrée à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide. Les lipides totaux sont dosés par gravimétrie et exprimés en pourcentage de lipides totaux par rapport à la matière sèche.

La teneur en lipides totaux (L) de notre échantillon pour 100g de produit sec est calculée selon la formule suivante :

$$\% L = \frac{P-P_0}{N} \times 100$$

P₀ : masse en gramme du ballon vide ;

P : masse en gramme du ballon après extraction ;

m : masse de la prise d'essai en gramme.

3.2.3. Teneur en glucides totaux

La teneur en glucides totaux "G" en g pour 100 g de produit sec est calculée par différence (**Alain Rerat, 1956**) :

$$G = 100 - (H + C + P + L)$$

H : teneur en humidité (en % de produit sec) ;

C : teneur en cendres (en % de produit sec) ;

P : teneur en protéines totales (en % de produit sec) ;

L : teneur en lipides totaux (en % de produit sec).

Partie II : Matériel et méthodes analytiques

NB : Suite à la crise sanitaire que nous traversons, nous n'avons pas pu réaliser les analyses rhéologiques de la pâte à biscuit et les analyses microbiologiques sur le produit fini.

Partie III : Résultats et discussion

1. Caractéristiques des matières premières

Le tableau suivant récapitule les rapports longueur/largeur pour les deux graines de matières premières employées dans notre étude :

Tableau n°11 : Rapports longueur/largeur des graines de fève et pois chiche

	Grain de pois chiche	Grain de fève
Longueur/ largeur	0.84 /0.77	2.93/1.89

2. Traitement préliminaire de la fève et du pois chiche

Le mélange des deux farines obtenues après broyage et tamisage est représenté dans la figure n°07.



Figure n°07 : Mélange des deux farines de fève et de pois chiche après tamisage.

3. Analyse sur les farines

3.1. Analyses physico-chimiques

Les teneurs moyennes de la composition physico- chimique des farines utilisées sont récapitulées dans le tableau n°12

Tableau n°12 : Teneurs moyennes des composants physico-chimiques des farines utilisées.

Paramètres (%)	farine de pois chiche	farine de fève	Mélange des deux farines (50% de fève 50 % de pois chiche)
Humidité	9.6	11.6	10.6
Cendres	2.8	3.29	3.1
pH	/	/	5.88

3.1.1. Teneur en eau

La teneur en eau des farines est un paramètre important à déterminer, car le mode opératoire de certaines méthodes analytiques, ainsi que la réalisation des tests biochimiques et rhéologiques et la précision des divers résultats analytiques exigent sa détermination (**Bradly, 1998**). Sa connaissance est utile dans la préservation des produits (la durée de conservation) (**Colas, 1998**). Elle est exprimée par rapport à la matière sèche et elle est de l'ordre de 9,6 % pour la farine de pois chiche et de 11,6 % pour la farine de fève. Ces valeurs sont inférieures aux teneurs maximales données par le **CODEX STAN 171-1989** qui est de 16 %.

Ces teneurs en eau permettent une bonne conservation de farines car plus la teneur en eau de la farine est faible, plus il est possible de l'hydrater au pétrissage pour arriver à une consistance optimale de la pâte (**Grandvoinet et Pratx, 1994**).

3.1.2. Teneur en cendres

La teneur en cendres est un indicateur de la pureté de la farine. Elle est en relation avec son taux d'extraction et la minéralisation des grains mis en mouture. Elle définit, en outre, les types commerciaux des farines (**Colas, 1998 ; Feillet, 2000**). Ainsi, la farine de fève présente un taux de cendres de 3.29 % (ms) du même ordre de grandeur que celle trouvée par d'**Aykroyd et Doughty (1982)** qui ont rapporté la valeur de 3.4 %.

Quant à la farine de pois chiche, celle-ci en contient 2,8 % (ms), cette teneur égale à celle trouvée par (**Bridja M et Raho Ghalem B, 2006**). La farine de mélange des deux variétés présente une teneur de 3.1 %.

3.1.3. pH

Le pH des produits alimentaires est mesuré à la fois pour des raisons de contrôle de qualité et pour des raisons de sécurité. En particulier, il joue un rôle important dans la préservation de la qualité des produits alimentaires ainsi pour la détection de l'ajout des additifs modificateurs de pH (l'acide citrique, le citrate trisodique, etc.) qui sont souvent utilisés en industrie alimentaire (**MAPAQ, 2018**).

A des pH en dessous de 4.5, l'activité et la survie d'une grande flore microbienne sont très réduites. Entre 4.5 et 6.0, seuls les acidotolérants résistent. Au pH neutre, la plupart des microorganismes se trouvent dans les conditions optimales de survie (**Nout et al., 2003**).

3.2. Analyses biochimiques

Les teneurs moyennes de la composition biochimiques des farines utilisées sont récapitulées dans le tableau n°13 :

Tableau n°13 : Teneurs moyennes des composants biochimiques des farines utilisées.

Composition (%)	farine de pois chiche	farine de fève	Mélange des deux farines (50% de fève 50 % de pois chiche)
Protéines	22.18	30.43	25.68
Lipides	5.47	1.82	4.3
Glucides	59.95	57.86	59

3.2.1. Teneur en protéines

La farine de pois chiche présente un taux de protéines de 22.18 % , ce taux se situe dans l'intervalle de 13,7-27,2 % donné par **Calet (1992)** et de 12,4-30,6 % donné par **Gueguen et Lemarie (1996)** et proche de celui donné par **Schakel et al. (2004)** qui est de l'ordre de 22,22 %.

Concernant la teneur en protéine de la farine de fève, elle est de 30.43 % , cette valeur se situe dans l'intervalle signalé par **Mosse et Baudet (1977)** qui est de 23.1 – 38.1 % et supérieure à la valeur trouvée par **El Sayed et al., (1982)** qui est de 24 %.

La teneur en protéine de la formule farine (fève-pois chiche) est de 25,68 % , la farine de fève a légèrement amélioré la teneur en protéines de la farine de pois chiche.

La teneur en protéine varie d'une année à une autre, car elle est influencée par les conditions de culture, du précédent cultural, de la fertilisation azotée ainsi que des différences variétales.

3.2.2. Teneur en lipides

Selon **Gueguen et Lemerie (1996)**, la farine de pois chiche contient 5 à 5.6 % de lipides totaux et celle de fève contient environ 1.5%.

D'après les résultats enregistrés, la fève présente une teneur en lipides de 1.82 % MS et le pois chiche de 5.47 % MS en moyenne. Cette dernière est équivalente à celle trouvée par **(Bridja M et Raho Ghalem B, 2006)** qui est de 5.4%.

3.2.3. Teneur en glucides

D'après les résultats mentionnés dans le tableau n°13, nous remarquons que la teneur en glucides totaux de la farine de pois chiches est de 59.95 % par rapport à la matière sèche et celle de fève est de 57.86 %. Ces valeurs se rapprochent des résultats trouvés par **Jean-Michel Lecerf (2016)** et **Rémond D et Walrand S (2017)** qui sont respectivement de 60,32 % et 58,3 % pour les farines de pois chiche et de fève. Ainsi, le mélange des deux farines contient 60 %.

4. Analyse sur les cookies

4.1. Evaluation sensorielle

4.1.1. Résultat du test de classement par rang

Les trois échantillons (Figure n°8) sont présentés en même temps à un panel de 20 dégustateurs. Le bulletin servant au classement par rang de l'acceptabilité est celui de l'annexe n°3. Les dégustateurs sont classés les échantillons en termes d'acceptabilité par rapport au goût, en donnant à chaque échantillon une cote différente même s'il semblait comparable. L'échantillon auquel nous accordions le goût le plus acceptable est coté 1, le suivant 2 et celui qui paraissait le moins acceptable est coté 3.



Figure n°8 : Echantillons des cookies présentés aux dégustateurs (001,002 et 003).

Les cotes de classement données à chaque échantillon par les 20 dégustateurs sont regroupées dans le tableau n°14.

Partie III : Résultats et discussion

Tableau n°14 : Cotes de classement données par 20 dégustateurs.

Dégustateurs	001	002	003
1	3	1	2
2	3	2	1
3	3	1	2
4	3	2	1
5	3	1	2
6	3	1	2
7	3	2	1
8	3	1	2
9	3	1	2
10	2	1	3
11	2	1	3
12	2	1	3
13	3	1	2
14	1	2	3
15	3	1	2
16	1	2	3
17	3	2	1
18	3	1	2
19	2	3	1
20	3	1	2
Totale	52	28	41

Les différences obtenues entre les paires de totaux sont :

$$001 - 002 = 24$$

$$001 - 003 = 11$$

$$003 - 002 = 13$$

La valeur critique calculée pour $p = 0.05$ (avec le test de Friedman), pour 20 dégustateurs et trois échantillons est 15 d'après le tableau (Annexe n° 09).

La différence entre les échantillons 001,002 est significative (c'est à dire Supérieure à 15).
Donc le biscuit 001 n'est pas aussi bon que celui des échantillons 002 et 003.

Partie III : Résultats et discussion

Notre panel de dégustation a classé le biscuit (002) en premier lieu comme le plus acceptable (goût), suivi de (003) puis le biscuit (001). Le classement des trois échantillons est le suivant : **002, 003,001**.

4.1.2. Résultat du test descriptif

Le produit fini est soumis à la dégustation par un jury composé de 20 personnes choisies au hasard, de sexe 'homme et femme' de différentes catégories d'âge. Les résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique des cookies sont regroupés dans le tableau n°15.

Tableau n°15 : Résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique des cookies.

Dégustateurs	Couleur	Texture	Forme	Goût	Odeur
1	3	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3
3	2	3	3	3	1
4	3	3	2	3	2
5	3	3	3	3	3
6	3	3	3	2	3
7	3	3	3	2	3
8	3	3	3	3	3
9	2	3	3	1	3
10	3	3	3	2	3
11	3	2	3	3	3
12	3	2	3	3	3
13	2	3	3	3	3
14	2	3	3	3	3
15	3	3	3	3	3
16	3	3	3	3	3
17	3	3	2	3	2
18	3	3	3	3	3
19	3	2	3	3	3
20	1	2	2	2	2

Les caractéristiques organoleptiques regroupent toutes les informations recueillies à partir des organes sensorielles soient ; le toucher (texture) la vue (couleur) le goût et l'odeur (flaveur).

Partie III : Résultats et discussion

L'influence de la qualité organoleptique d'un produit de point de vue nutritionnel est également mise en évidence ce qui montre toute l'importance du contrôle organoleptique dans l'appréciation de la qualité et la maîtrise de la régularité des produits fabriqués.

Les résultats de l'évaluation sensorielle sont présentés dans un histogramme graphique pour comparer visuellement les critères sensoriels (Figure n°09).

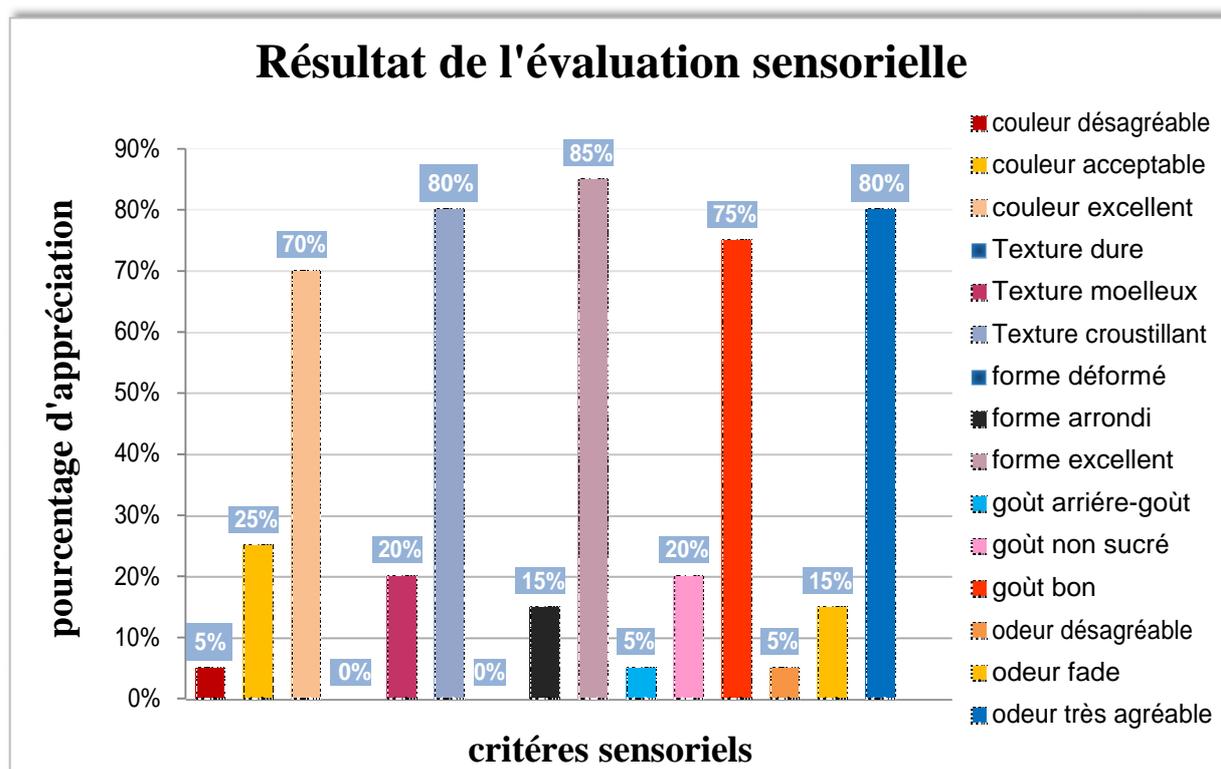


Figure n°09 : Résultat de l'évaluation sensorielle.

Interprétation de l'analyse sensorielle

La **couleur** est le premier paramètre à évaluer grâce à sa grande importance accordée par le consommateur et ceci pour apprécier la qualité initiale et la fraîcheur du produit. Durant l'étude, la couleur est jugée comme « excellente » par 70 % dégustateurs et « acceptable » par 25% des dégustateurs, par contre 5 % des dégustateurs jugent la couleur comme « désagréable ». Le développement de la couleur est dû à la réaction de Maillard, il s'agit d'une réaction entre les sucres réducteurs et les protéines du produit et qui se traduit par l'apparition d'une couleur brune (Singh et al., 1993). Ce développement dépend également du temps, de la température de cuisson et de l'humidité dans le four (Lingnert et al., 1990 ; Wade et al., 1988).

Partie III : Résultats et discussion

D'après les résultats trouvés, **l'odeur** influence considérablement l'appréciation finale du produit fini. La majorité des dégustateurs ont jugé l'odeur comme étant « très agréable » (80 %), alors que 15 % la trouve comme « fade » et 5 % « désagréable ».

L'imperceptibilité de l'odeur est en partie due à la cuisson en raison de l'élévation de la température qui provoque la volatilité des composés aromatiques, sachant que la perception est en relation avec la concentration en composés aromatiques (zeste de citron et cacao dans notre cas).

Concernant la **texture** du biscuit élaboré, elle est qualifiée par 80% des dégustateurs comme étant « croustillante » et par 20 % de dégustateurs comme étant « moelleuse ».

Le **goût** est un paramètre indispensable à l'admissibilité et l'évaluation d'un point de vue générale des cookies, le biscuit est qualifié comme étant « bon » par 75 % des dégustateurs par contre 5 % ont senti un arrière-goût et 20 % de dégustateurs qualifient le biscuit comme étant « non sucré ».

Le goût d'un biscuit dépend principalement des ingrédients d'origine agricole utilisés. Les ingrédients ayant la plus forte influence sont : la farine, le sucre et la matière grasse, ainsi que la présence d'ingrédients supplémentaires (exemple : chocolat).

85 % des dégustateurs ont trouvé la **forme** du biscuit comme étant « excellente » et les 15 % de dégustateur l'ont qualifié comme étant « arrondi ».

4.2. Caractéristiques physico-chimiques des cookies

Les résultats des analyses physicochimiques du produit fini sont récapitulés dans le tableau n°16.

Tableau n°16 : Résultats des analyses physico-chimiques du produit élaboré.

Paramètres (%)	Cookies
Humidité	2.09
Cendre	2.5
pH	6.95

4.2.1. Teneur en humidité

L'humidité du produit après cuisson montre une importante diminution estimée à 8.51 % due à l'évaporation de l'eau durant la cuisson.

Le processus de cuisson évapore en premier temps l'humidité extrinsèque du produit provenant de la farine. Ensuite, l'eau intrinsèque provenant des autres ingrédients comme le sucre et l'eau ajoutés (Mamouni *et al.*, 2012).

4.2.2. Teneur en cendres

Concernant la matière minérale, sa valeur passe de 3.1 % à 2.5 % après cuisson. Ces résultats montrent que cette dernière entraîne une perte de minéraux solubles contenus dans les graines par leur dissolution dans l'eau évaporée de la pâte biscuitière lors de la cuisson (Ayéna Tchégnon *et al.*, 2017, Nout *et al.*, 2003).

4.2.3. pH

D'après les résultats donnés dans le tableau n°16, nous constatons que le pH du produit fini (6,95) est proche de la norme recommandée par le (MAPAQ, 2018) qui est de 7 à 8.5.

4.3. Caractéristiques biochimiques des cookies

Les teneurs moyennes de la composition biochimique des cookies sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau n°17 : Résultats des analyses biochimiques du produit élaboré.

Composition (%)	Cookies
Protéines	19.81
Lipides	8.5
Glucides	48.29

4.3.1. Teneur en protéines

A partir du tableau n°17, nous constatons que la transformation de mélange de farines en biscuit présente une diminution d'environ 1.87 % du taux des protéines totales. Cette diminution est justifiée par la dénaturation des protéines sous l'effet de la chaleur. La cuisson d'aliments riches en

protéines à des températures élevées (entre 100 et 200°C) conduit à leur dénaturation d'où une baisse de la valeur nutritionnelle du produit élaboré.

En parallèle, cette dénaturation conduit à l'arrêt de l'activité biologique de la protéine. Inactivation des protéines anti-nutritionnelles de certaines légumineuses (les phyto-hémagglutinines, l'inhibiteur de la trypsine) ainsi que l'inactivation des enzymes, qui ont de nombreux effets défavorables sur les nutriments (lipases, protéases, etc.) et améliore ainsi sa valeur nutritionnelle (**Nout et al., 2003**).

Comme nous pouvons justifier cette baisse par la réaction de Maillard, décrite par Louis Maillard en 1912, qui est produite en présence de sucres réducteurs (glucose, lactose, fructose), conduisant à la formation des ponts covalents entre ces derniers et une fonction amine (acides aminés, résidus de lysine dans les protéines) (**Nout et al., 2003**).

4.3.2. Teneur en lipides

Le contenu en lipides du biscuit sans gluten élaboré est nettement plus élevé que celui du mélange des farines utilisées qui passe de 4,3 % MS à 8,5 % MS. Ceci résulte de l'additionnement de matière grasse lors des étapes de fabrication du produit fini.

4.3.3. Teneur en glucides

D'après les résultats trouvés, nous remarquons aussi une diminution de 12.03% du taux des glucides totaux, cela peut être la conséquence d'une gélatinisation de l'amidon (absorption d'eau des granules d'amidon) contenu dans les légumineuses utilisées ; une caramélisation du saccharose et un brunissement non enzymatique (réaction de Maillard) des autres sucres réducteurs (glucose, fructose) sous l'effet de température élevée lors de la cuisson (**Nout et al., 2003**).

Discussion générale

Pour l'ensemble des participants, c'est la première fois qu'ils dégustent des biscuits à base de farine de fève et de farine de pois-chiche. Cependant, ils ont, pour la majorité, montré une certaine volonté et une curiosité vis-à-vis de ce nouveau produit.

Une série de réactions biochimiques se développent particulièrement lors de la fabrication des biscuits, qui sont responsables des modifications de la couleur, de la texture, d'élaboration de l'arôme et du goût. Il s'agit principalement de :

- La réaction de Maillard.
- La caramélisation des sucres.
- L'oxydation des lipides (**Chevallier., 1999**).

Partie III : Résultats et discussion

Si on constate, d'après l'histogramme de la figure 10, que les pourcentages pour la couleur, le goût et l'arôme sont très élevés et variant de 70 à 80 %, cela veut dire que dans l'ensemble, le biscuit est apprécié et donc l'effet de cuisson (le couple temps/température sont plus au moins maîtrisés). Pareil pour la forme et la texture (pourcentages des attributs positifs = 80 %).

Les réactions chimiques sont capitales pour le développement des qualités organoleptiques du produit et conditionnent son acceptabilité par le consommateur. Il s'agit de :

- ✓ La caramélisation des sucres suite à une température élevée (plus de 100°C) ;
- ✓ l'auto oxydation des lipides activée par la chaleur et l'oxygène de l'air lors du stockage,
- ✓ la réaction de Maillard ou brunissement non enzymatique entre les acides aminés et les sucres sous haute d'une température élevée.

En effet, dès les premières minutes de cuisson, la matière grasse fond et probablement même lors du repos de la pâte. Selon **Feillet (2000)**, cette température varie entre 15 et 50°C.

Durant le processus de cuisson, la température atteint des valeurs supérieures à 100°C provoquant ainsi la dégradation des glucides intrinsèques (amidon) et ajoutés (saccharose) (**Hodge., 1953**), mais aussi l'oxydation des matières grasses. En même temps, les protéines réagissent avec ces produits de dégradation (composés carbonylés issus de la dégradation des sucres et lipides oxydés (hydroperoxydes ou/et aldéhydes) selon la réaction de Maillard (**Ait Ameur., 2006**). Ces trois réactions interagissent donc dans la matrice biscuitière, chacune d'elles dépend de la température, de la teneur et de l'activité d'eau, du pH et des paramètres conditionnés par la cuisson. Ces réactions sont responsables du développement de la couleur, de la texture et des saveurs des biscuits mais elles entraînent également une diminution de la valeur nutritionnelle des biscuits en bloquant et/ou en détruisant les acides aminés essentiels (**Ait Ameur., 2006**).

Le sucre présente une grande importance dans la définition de la résistance du biscuit à la fracture après cuisson et sa capacité à la déformation suite au stockage. Cet effet est attribué à la recristallisation du sucre durant cette période de stockage. La nature de sucre joue aussi un rôle dans le développement de la texture. En effet, la granulométrie de sucre (sucre glacé, semoule ou cristallisé), peut provoquer des défauts (**Mechraoui et Belkhadem., 2009**).

C'est ce que nous avons relevé dans les attributs relatifs à la texture tels que la texture moelleuse par 20 % de dégustateurs. Dans ce cas, le broyage des farines a un rôle capital.

Par ailleurs, l'augmentation de la quantité de la matière grasse dans la pâte favorise le développement d'une structure dure du biscuit, où la nécessité de contrôler le pourcentage de chaque ingrédient selon le type de biscuit (**Mechraoui et Belkhadem., 2009**).

Conclusion

L'objectif de ce travail est la formulation des cookies sans gluten à base de légumineuses produites localement destinés aux malades cœliaques, en testant la faisabilité technologique d'un mélange de farine de fève et de farine de pois chiche en biscuiterie.

Le choix de la matière première revient d'une part à la richesse nutritionnelle de ces variétés surtout en protéines et d'autre part à leur disponibilité et à leur faible coût.

La caractérisation physico-chimique des matières premières montre que les farines de légumes secs utilisées présentent un faible taux d'humidité ce qui leurs confère une longue durée de conservation. Comme elles constituent des sources importantes en protéines (30.43% pour la farine de fève et 22.18% pour la farine de pois chiche) et en glucides (57.86% pour la fève et 59.95% pour le pois chiche) et une faible teneur lipidique (1.82% et 5.47% pour la fève et le pois chiche respectivement) ce qui favorise un stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

Après un test de dégustation effectué sur 3 recettes de différentes proportions en farine, sucre, matière grasse et cacao, la deuxième recette est la mieux appréciée par le jury de dégustation.

Les résultats de l'analyse physicochimique du produit fini (cookies) indiquent que le biscuit élaboré a une teneur d'humidité et un pH conformes aux normes exigées ce qui le rend favorable à une bonne conservation et lui confèrent une bonne qualité microbiologique. L'ajout de la matière grasse végétale (margarine) lors de la fabrication des cookies conduit à une augmentation de la teneur en lipide ce qui contribue à l'amélioration de la qualité gustative des biscuits.

L'étude montre aussi une diminution de la teneur en protéines expliquée par le déroulement d'une série de réactions biochimiques qui se développent particulièrement lors de la préparation des biscuits. Ils s'agissent principalement de la réaction de Maillard et des réactions de dénaturation des protéines (gélatinisation), ces réactions donnent la couleur aux biscuits.

La qualité organoleptique des biscuits est un facteur déterminant de leur acceptabilité par les consommateurs. L'analyse sensorielle a montré que ce dernier a pris une couleur excellente (70 %), une odeur très agréable (80 %), d'une forme présentable, une texture croustillante et un excellent goût.

Au final, on peut conclure que l'utilisation des farines de légumes secs dans le domaine de la biscuiterie est technologiquement possible pour l'élaboration de produits locaux pour les malades cœliaques et réduire ainsi la dépendance vis-à-vis du marché extérieur.

Conclusion et perspectives

Le présent travail comporte des limites notamment le manque d'analyses rhéologiques et microbiologiques sur le produit fini. Ceci a été lié à l'impossibilité d'investir les laboratoires en raison de la situation sanitaire exceptionnelle que nous traversons.

Comme perspectives, ce travail mériterait d'être complété par :

- La détermination des autres caractéristiques physico-chimiques (teneur en amidon, en acides aminés et en fibre).
- Etude de la faisabilité d'autres rapports de pois chiche, fève.
- Le contact industriel en vue de l'industrialisation des produits sans gluten à base de farine de pois chiche et de fève afin d'améliorer et de diversifier l'alimentation des malades cœliaques.
- Etude du comportement rhéologique des cookies.
- Faire une étude économique sur le coût de ces produits élaborés.

Références bibliographiques

A

- Abdelaali, M. E. (2009). Functionality of Starches and Hydrocolloids in Gluten-Free Foods. In *Gluten-Free Food Science and Technology*, GALLAGHER E. Wiley-Blackwell. UK, 200 – 224.
- Abderrazak, M., Gérard, T. (2015). *Abrégé de biochimie appliquée*. EDP Sciences. Paris.EDP Sciences.
- AFNOR NF ISO 1842. (1992). Produits dérivés des fruits et légumes : mesurage du ph.
- Ait Ameer, L. (2006). Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard : Intérêt de la fluorescence frontale. Mémoire de doctorat en Chimie Analytique, Institut national Agronomique, Paris-Grignon, 80 p.
- Ait Saada, D., Ait Chaban, O., Bouderoua, K., Selselet-Attou, G. (2016). PLACE DES LEGUMES SECS DANS L'ALIMENTATION HUMAINE-ATOUTS NUTRITIONNELS ET IMPACTS SUR LA SANTE.
- Alaedini, A. et green, P. H. (2005). Narrative review: celiac disease: understanding a complex autoimmune disorder. *Ann Intern Med*, 142 : 289-298. AME (Agence Méditerranéenne de l'Environnement) (2003). Alimentation et santé des lycéens et des collégiens. Guide ressources pour agir. AME, France, 132 p.
- Alain Rerat. (1956). MÉTHODES DE DOSAGE DES GLUCIDES EN VUE DU CALCUL DE LEUR VALEUR ÉNERGÉTIQUE (1). *Annales de zootechnie*, INRA/EDP Sciences, 5 (3), 226 p.
- Ardent, E. K., Renzetti, S. & FABIO DAL BELLO. (2009). Dough Microstructure and Textural Aspects of Gluten-Free Yeast Bread and Biscuits. In *Gluten-Free Food Science and Technology*, GALLAGHER E. Wiley-Blackwell. UK, 107 – 125.
- Assifaoui, A., Champion, D., Choitellie. and Versel, A. (2006). Characterization of water mobility in biscuit dough using a low-field H NMR technique. *Carbohydrate Polymers*, 64, 197-204.
- Ayéna Tchégnon, A. C., Agassounon Djikpo Tchibozo, M., Anago, E., Ahissou, H., Mensah, G. A. et Agbangla, C. (2017). Composition en vitamines et en minéraux des graines de *Pterocarpus santalinoides* L'Hér. Ex de. (Papilionoideae), une plante alimentaire et médicinale de l'Afrique de l'Ouest. *TROPICULTURA*, 35 (1), 61-69.
- Aykroyd, W. R. et Doughty, Y. (1982). Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. 2ème édition N°20 FAO ROME.
- Aykroyd, W. R. et Doughty, J. (1964). "Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine." Rome, Italy, FAO, 3-32.

Références bibliographiques

B

- B.M.Watts, G. L., Ylimaki, L. E., Jeffery, L. G. (1991). Elias méthode de base pour l'évaluation sensorielle des aliments.
- Baik, M. Y. et Chinachoti, P. (2000). Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. *Cereal Chemistry*, 77, 484-488.
- Baillargeon J. D. (2006). La maladie cœliaque, y avez-vous pensé ? *Le clinicien*, avril, 90- 94
- Bayrou, O., chapelon-abric, C. et terland, C. (2001). la maladie cœliaque In : le vademécum du diagnostic, MMI éditions, Paris, 1261 p.
- Benatallah. (2009). Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques : Aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat, Option Sciences Alimentaires, INATAA, Université Mentouri de Constantine, 173 p.
- Benkadri, S. (2010). Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants coeliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten. Mémoire de Magistère en Science alimentaire, Institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agroalimentaires, Université MENTOURI, Constantine, 125p.
- Bennion, E. B. et Bamford, G. S. T. (1997). *The Technology of Cake Making*. (A. J. Bent, Éd).
- Bimbnet, J., Duquesnoy, A., Trystrans, G. (2002). Séchage, cuisson extrusion : In RIA, Ed. Dunda. *Genie des proceds alimentaire*. Paris, 554p.
- Bloksma, A. H. (1986). Rheological Aspects of Structural changes during baking. In *Chemistry and physics of baking. Materials, processes and products*. Londre: Royal Society of Chemistry, 170-178.
- Bouasla, A. (2011). prévalence de la maladie cœliaque à Constantine (1996-2008) et diététique associée auprès des patients de l'EHS Sidi Mabrouk de Constantine (2009). Thèse de Magister en science alimentaire. Option : Nutrition Humaine. INATAA. Université Mentouri-Constantine. 80 p.
- Boudraa, G., Bessahraoui, M., Bouziane, N. K., Niar, S., Naceur, M., Bouchetara, A., Benmansour, A. et Touhami, M. (2008). Evolution de l'incidence de la maladie cœliaque chez l'enfant de l'ouest algérien (1975-2007). *SFP 013* : 949.
- Bourdeau, A., Manard, G. et Tipplets, K. H. (1992). *Le blé : Eléments fondamentaux et transformation*. Les presses de L'UNIVERSITÉ LAVAL .Ed. Saint Foy. 439p.
- Bourrillon, A. (2000). collection pour le praticien pédiatrie 3ème édition, masson paris 618 p.
- Boursier, B. (2005). Amidons natifs et amidons modifiés alimentaires. *Techniques de l'ingénieur Additifs et adjuvants alimentaires, base document*.

Références bibliographiques

- Bouznad, Z. et al. (2001). Quatrièmes journées scientifiques et techniques phytosanitaires : Les maladies de la fève en Algérie : Cas de maladie à tache chocolat causée par *Bortrytis* sp. INA. El Harrach. 2 p.
- Bradley, J. R. (1998). Moisture and Total Solids Analysis. In *Food Analysis*. Ed. NIELSEN S.S. 2nd Edition. Aspen Publishers. 119-140.
- Bridja Mohamed., Bachir Raho Ghalem. (2006). Contribution à l'étude de l'influence d'intégration de la farine de pois chiche en panification.
- Brooker, B. R. (1993). The stabilization of air in cake batters - the role of fat. *Food structure*, 12, 285-296.
- Broutain, C. (2001). Fabriqué des biscuits à base de farine composée. PME agroalimentaires, Biscuiteries. 20 p.

C

- Calet, C. (1992). Les légumes secs, Apport protidique. *Cah. Nut. Diét.* 2, 99-108.
- Caligiani, A., Marseglia, A., Palla, G. (2016). Encyclopedia of Food and Health, Cocoa: Production, Chemistry, and Use, 185-190.
- Catassi, C. et Fasano, A. (2008). Celiac disease. In *Gluten Free Cereal Products and Beverages*. Edited by: ARENDT E.K. & DAL BELLO F. Elsevier Academic Press, 1-22.
- Catassi, C., et Fasano, A. (2008). Coeliac disease, pp 1-27, in: gluten free cereals – products and beverages. ARENDT E. ET DAL BELLO F., Food Science and Technology. International Series, Academic Press-Elsevier Edition, USA, 454 p.
- Cayot, N., Olsson, A. (1997). Farines et protéines de pois chiche : données récentes sur les applications en alimentation humaine. *Cahier scientifique*. Vol. 114. IND. ALIM. AGR. 99-108.
- Chevalier, S., Colonna, P., Della Valle, G. and Lourdin, D. (1999). Structural modifications of biscuit dough during baking-Rôle of ingredients. INRA. Paris. Les Collègues, 191-197.
- Chevalier, S., Colonna, P., Della valle, G. and Lourdin, D. (1999). Structural modifications of biscuit dough during baking-Rôle of ingredients. INRA. Paris. Les Collègues, 191-197.
- Christian, I. (2018). Réussir le tempérage du chocolat Les clés d'un savoir-faire, Éditions Quæ, ISSN, 1952-1251.
- Cœliaque en 2008. *Archives de pédiatrie*, 15 : 456-461.

Références bibliographiques

- Colas, A. (1998). Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. In, Godon, B., Willm, C. Les industries de première transformation des céréales. Lavoisier. Tec et Doc/Apria. Paris : 579-589. 679 p.
- Couplen, A. and Marm, C. (2009). Jardiner au naturel. Le jardin plus bio facile, 249 p.
- Crepon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carrouee, B., Arese, P., Duc, G. (2010). Nutritional value of fababean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crops Research*, 115, 329-339.
- Cronin, K. et Preis, C. (2000). A statistical analysis of biscuit physical properties as affected by baking. *Journal of Food Engineering*, 46, 217-225.
- Cullis, C., Kunert, K. J. (2017). Unlocking the potential of orphanlegumes. *J Exp Bot* 68, 1895-1903.
- Cureton, P. et Fasano, A. (2009). The Increasing Incidence of Celiac Disease and the Range of Gluten-Free Products in the Marketplace. In *Gluten-Free Food Science and Technology*, GALLAGHER E. Wiley-Blackwell. UK. Wiley-Blackwell. UK, 1 – 15.

D

- Dagfinn, A., Doris, S., Chan, M., Rosa, L., Rui Vieira., Darren, C. Greenwood., Ellen Kampman. (2011). Teresa Norat, Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ* 2011; 343 doi: 10.1136/bmj.d6617.
- Dajoz, R. (2000). *Elements d'écologie*. Ed dunod. Paris, 8eme edition, 631 p.
- Dario, B. (2014). *la chimica del bignè. le basi*, Italie.
- Darmon, M., Darmon, N. (2008). *L'équilibre nutritionnel – Concepts de base et nouveaux indicateurs : le SAIN et le LIM*. Éditions Tec & Doc Lavoisier, 300 p.
- De Candolle Alphonse (1886). *Origine des plantes cultivées*.
- De Falco, E., Imperato, R., Landi, G., Nicolais, V., Piccinelli, A. L., and Rastrelli, L. (2010). "Nutritional characterization of *Cicer arietinum* L. cultivars with respect to morphological and agronomic parameters. " *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 22(5), 377.
- Denis, H., Germain, E. (2013). *Traité scientifique de cuisine et de pâtisserie, Les nouvelles influences en gastronomie* 293, p 182.
- Di Sabatino, A., Vanoli, A., Giuffrida, P., Luinetti, O., Solcia, E., Corazza, G. R. (2012). The function of tissue transglutaminase in celiac disease. *Autoimmun Rev* 2012, 11, 746-53.
- Didier Rémond., Stéphane Walrand. (2017). Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, 60, 133-144.

Références bibliographiques

- Didier, R., Stéphane, W. (2017). Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, INRA, 60,133-144.
- Dimitra, M. L. et Constantina, T. (2011). Staling of Cereal Bran Enriched Cakes and the Effect of an Endoxylanase Enzyme on the Physicochemical and Sensorial Characteristics. *Journal of Food Science*, 76, 380-387.
- Dominique, M. (2010). *Les productions légumières*. Educagri. Dijon, 163 p.
- Drewnowski, A. (1992). Sensory properties of fats and fat replacements. *Nutrition Reviews*, 50(4), 17-20.
- Drewnowski, A., Nordensten, K. et Dwyer, J. (1998). Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference. *Food Quality and Preference*, 9(1-2), 13-20
- Drewnowski, A., Shrager, E. E., Lipsky, C., Stellar, E. et Greenwood, M. R. C. (1989). Sugar and fat: Sensory and hedonic evaluation of liquid and solid foods. *Physiology&Behavior*, 45(1), 177-183.
- Duncan, M. (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*.

E

- El Seyed, M., Hegazy, A. (1982). Effect of germination on the carbohydrate, protein and amino acid contents of board beans. *ZEITSCHFT fur emhrungswssenshait*, band13, heft4, 200-203.
- Eliasson, A. C. and Silverio, J. (1997). Fat in baking. *In*, FRIBERG S. E., and LARSSON K. *Food emulsions* (3rd ed.). New York: Marcel Dekker.
- Eliasson, A. C., Larsson, K. R. (1993). *Cereals in breadmaking: a molecular colloidal approach*. Marcel Dekker, New York.

F

- FAO. (2016). *Les bienfaits pour la santé des légumineuses*.
- FAO. (2016). *Année internationale des légumineuses*.
- FAO/SMIAR. (2001). *perspective de l'alimentation No.4 .P.14*
- Feillet, P. (2000). *Le grain de blé, composition et utilisation*. INRA. Paris. 308p.
- Fellows, P. (2000). *Food Processing Technology Principles and Practice*. 2nd Edition. Wood head Publishing, Cambridge England. 575 p.
- Francis, B. (1966). *Lecture to the Department of Baking Technology*. Borough Polytechnic.
- Fuller, C. H. F. (1952). *Aeration of bakery products*. London : Chemistry & Industry.

Références bibliographiques

- FUSTIER, P. J. (2006). Influence des fractions de mouture de blé tendre (farine patente, Decoupeure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de Doctorat, Option Sciences en Technologies des Aliments, Département des Sciences des aliments et de Nutrition, Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec : 54 p.

G

- Gallagher, E., Gormley, T. R. et Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 143 – 152.
- Gallagher, E., Mccrathy, D., Gormley, R. et Elke Arendt, E. (2004). b. Improving the quality of gluten-free products. The national Food Centre. Research & Training for the Food Industry. Research Report No 67. 28 p.
- Gallaghr, E. (2008). Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In *Gluten Free Cereal Products And Beverages*, ARDENT E.K. & FABIO DAL BELLO. First Edition, Academicpress, Elsevier, 321-341.
- Gallais, A. and Bannerot, H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. Paris : INRA, 768 p.
- Gallais, A. et Bannerot, H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA. Paris, 765 p.
- Gastroenterological Association (AGA). (2002). Institute technical review on the diagnosis and management of celiac disease. *Gastroenterology*, 131 (6): 1981.
- Gaur, P. M., Tripathi, S., Gowda, C. L., Ranga Rao, G. V., Sharma, H. C., Pande, S. and Sharma, M. (2010). ChickpeaSeed Production Manual. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International CropsResearch Institute for the Semi-AridTropics. 28 p.
- Giove, R. et Abis, S. (2007). Place de la méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Les notes d'analyse du CIHEAM.23 : 1-21.
- Grandvoinet, P. et Pratx, B. (1994). Farines et mixes. In, Guinet, R. ET Godon, B. La panification française. Lavoisier Tec et Doc. Paris : 100-131.
- Green, P. H. et Cellier, C. (2007). Celiac disease. *N Engl J Med*, 357 (17): 1731- 1743.
- Guenguen, J. et Lemarie, J. (1996). Composition, structure, et propriétés physicochimiques de légumineuses et d'oléagineux. In, Godon, B. Les protéines végétales. Lavoisier Tec et Doc. Paris: 80-110. 666p.

Références bibliographiques

H

- Haoua, R. et Tingalier R. (2007). « Essai d'incorporation de lactosérum en poudre dans la fabrication du biscuit type "Petit BIMO" », 35 p.
- **Helyette.** (2002). Les légumes de votre marché : cuisine et santé. Ed De Borée. Paris. 439 p.
- Heyman, M., Abed, J., Lebreton, C., Cerf-Bensussan, N. (2011). Intestinal permeability in coeliac disease: insight into mechanisms and relevance to pathogenesis. Gut 61(9), 1355-64.
- Hodge, J. E. (1953). Chemistry of browning reactions in model systems. J. Agric. Food Chem, 1, 928-943.
- Husby, S., Koletzko, S., Korponay-Szabo, I. R. Et al. (2012). European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition guidelines for the diagnosis of coeliac disease. J PediatrGastroenterolNutr, 54,136-60.

I

- INRA. Structural modifications of biscuit dough during baking-Rôle of ingrédients. Paris. Les Collègues, 191-1970.
- ITGC. (1999). "Les légumineuses alimentaires en Algérie : Situation actuelle et perspectives ". Edition ITGC El-Harrach Alger, 139 p.

J

- Jabri, B., Sollid, L. M. (2006). Mechanisms of disease: immunopathogenesis of celiac disease. Nat ClinPractGastroenterolHepatol, 3(9), 516-25.
- Jana, S. and Singh, K. B. (1993). Evidence of geographical divergence in kabuli chickpea from germ plasm evaluation data. Crop Science, 33, 626-632.
- Jean-Michel Lecerf. (2016). Le génie des légumineuses.
- Jendoubi, W., Bouhadida, M., Boukteb, A., Béji, M. and Kharrat, M. (2017). Fusarium Wilt Affecting Chickpea Crop. Agriculture, 7(3), 23.
- Ji, Y., Zhu, K., Qian, H., et Zhou, H. (2007). Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. Food Chemistry, 104(1), 53-58.

K

- Kafia Aït Allouache. (2018). EL MOUDJAHID - QUOTIDIEN NATIONAL D'INFORMATION : production de légumineuses alimentaires : Vers l'autosuffisance d'ici 2021. EPE-SPA El MOUDJAHID, Algérie.

Références bibliographiques

- Kiger, J. L., Kiger, J. G. (1967). Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.
- Kiosseoglou, V., Paraskevopoulou, A. (2007). Eggs In Bakery Products, 161- 172.
- Knights, E. J. (2004). Chickpea. In: Encyclopedia of Grain Science. Wrigley, C., Croke, H. & Walker, C.E Edition: Elsevier, vol I, 280-295.
- Kocer, D., Hicsasmaz Z., Bayindirli A., Katnas S. (2007). Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar-and fat-replacer. Journal of Food Engineering, 78, 953-964.
- Kouroche Vahedi., Yoram Bouhnik., Claude Matuchansky. (2001). Gastroentérologie Clinique et Biologique. Vol 25, N° 5, 485 p.

L

- Labdi, M. (1990). Chickpea in Algeria. CIHEAM – Options Mediterranean n°9 : 137-140.
- Ladizinsky, G. (1975). A new Cicer from Turkey. Notes from the Royal Botanical Garden Edinburgh, 34, 201-202.
- Lai, H. M., & Lin, T. C. (2006). Bakery products: science and technology. In: Y. H. Hui (Éd), Bakery Products: Science and Technology. Ames: Blac, 03-65.
- Lara, E., Cortes, P., Briones, V. & Perez M. (2011). Structural and physical modification of corn biscuits during baking process. LWT- Food Science and Technology, 44, 622-630.
- Lebbal, S. (2010). Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève au puceron noir de la luzerne *Aphis craccivora* (Homoptera : Aphididae). Thèse de magister. Université El-Hadj Lakhdar, Batna. 60 p.
- Leguen, J. et Duc, G. (1992). La fève role : amélioration des espèces végétales cultivées; objectifs et variété de sélection. INRA. Paris. 189-203.
- Lewis, G., Schrirer, B., Mackinder, B., Lock, M. (2005). Legumes of the World; Royal Botanical Gardens: Kew, UK, 592 p.
- Lostie, M., Peczalski, R., Andrieu, J. et Laurent, M. (2002). Study of sponge cake batter baking process. Part I:Experimental data. Journal of Food Engineering, 51, 131-137.
- Lounes, F. (2020). maitre de conférences A en gastroentérologie service de MI –hôpital bologhine.
- Ludvigsson, J. F., Leffler, D. A., Bai, J. C., Biagi, F., Fasano, A., Green, P. H. R. et al. (2013). The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. Gut, 62 (1), 43–52.

Références bibliographiques

M

- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K. & Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, 35(1), 23-42.
- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.M., Allaf, K. & Patras, C. (1998b). Study of Mixing in Connection with the Rheological Properties of Biscuit Dough and Dimensional Characteristics of Biscuits. *Journal of Food Engineering*. 35, 43-56.
- MADR. (2014). Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- Mamoumi Mohamed., Fikri Hanane., Slimani Rachid., Amarouche Hamid., Moulay Mustapha Ennaji., Mohamed Zahouily. et Saïd Lazar. (2012). EFFET DE LA CUISSON SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET LA QUALITE SANITAIRE DES BISCUITS. 13 (2), 223 – 230.
- Manisha, G., Soumya, C. & Indrani, D. (2012). Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids*, 29(2), 363-373.
- Manoharr, S. and Rao, P. H. (1999a). Effects of water on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. Springer-Verlag. *Eur. Food Res. Technol.* 209, 281–285.
- Manoharr, S. and Rao, P. H. (1999b). Effect of emulsifiers, fat level and type on the rhéologique characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *J. Sci. Food Agric.* 79, 1223-1231.
- MAPAQ, Caractérisation et identification d'un aliment potentiellement dangereux. 2018-10-25.
- Maphosa, Y. and Jideani, V. (2017). The Role of Legumes in Human Nutrition. In the book: *Functional Foods – Improving Health Through Adequate Food*.
- Mazouni, M. et Bensenouch, A. (2004). Diarrhées chronique avec retentissement sur l'état général, pp 611-612, In : *Eléments de pédiatrie*. OPU, Vol. 2, Alger, 713 p.
- Mechraoui, N. et Belkhadem, S. (2009). Essai d'incorporation de la farine de dattes Variétés « Mech-Degla » en biscuiterie. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Biologie*. 98p.
- Megiorni, F., Mora, B., Bonamico, M., Barbato, M., Nenna, R., Maiella, G., Partizia, L. P. et Mazzilli, M. C. (2009). HLA-DQ and risk gradient for celiac disease. *Human Immunology*, 70, 55-59.
- Menard, G., Emond, S., Segin, R., Bolduc, R., Boudreau, A., Marcous, D., Painchaud, M. et Poirier, D. (1992). La biscuiterie industrielle. In : BOUDREAU A., (1992). *Le blé : éléments fondamentaux et transformation*. Les presses de l'université Laval. Sainte-Foy. Canada : 287- 348. 439 p.

Références bibliographiques

- Mizukoshi, M., Kawada, T. & Matsui, N. (1979). Model studies of cake baking: I. Continuous observations of starch gelatinization and protein coagulation during baking. *Cereal Chemistry*, 56, 305-309.
- Mohtadji-Lamballais, C. (1989). *Les aliments*. Ed, Malouine. Paris. 203p.
- Moudrý, J., Kalinová, J., Petr, J., Michalová, A. (2005). *Pohánka a proso*. Praha: ÚZAPI, 206p.
- Mundt, S., Wedzicha, B. L. (2007). *Food Science and Technology*, Elsevier.

N

- Nehra, V., Marietta, E. & Murray, J. (2005). Celiac Disease. In *Encyclopedia of Human Nutrition*. Éditeurs : Caballero, B., Allen, L. & Prentice, A. 2ème édition, Elsevier. Vol. I. 407p.
- Nout Robert., Hounhouigan Joseph, D., Tiny van Boekel. (2003). *Les aliments, transformation, Conservation et Qualité*. BaeckhysPublishers, Wageningen, Netherlands.

O

- O'Brien, C. M., Chapman, D., Neville, D. P., Keogh, M. K., Arendt, E. K. (2003). Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in short dough biscuits. *Food Res*, 36, 215–221. doi: 10.1016/S0963-9969(02)00139-4.
- Oxentenko, A. S. (2008). Clinical features of malabsorptive disorders, small-bowel diseases, and bacterial overgrowth syndromes. In: *Gastroenterology and hepatology board review*. Hauser, S.C., Pardi, D. S., Poterucha, J. J. Third edition, Mayo Clinic Scientific Press, 117-134, 519 p.

P

- Pareyt, B., Brijs, K. & Delcour, J. A. (2009). Sugar-Snap Cookie Dough Setting: The Impact of Sucrose on Gluten Functionality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(17), 7814-7818.
- Patrick, M. et al. (2008). *Le Truffaut : Encyclopédie pratique illustrée du jardin*. 41^{ème} édition. Larousse. Paris, 850 p.
- Peron, J. Y. (2006). *Références. Production légumières*. 2eme Ed, 613 p.
- Pomeranz, Y., Meyer, D. & Seibel, W. (1984). Wheat, Wheat-Rye, and Rye Dough and Bread Studied by Scanning Electron Microscopy. *Cereal Chemists*. Consulté à l'adresse.
- Powell, D.W. (2008). Approach to the patient with diarrhea, pp 323-324, In: *Principles of clinical gastroenterology*. Yamada, T., Alpers, D. H., Kalloo, A.N., Kaplowitz, N., Owyang, C. et Powell, D. W. Wely-Blackwell Edition, UK, 662 p.

Références bibliographiques

R

- Rada-Mendoza, M., Garcia-Banos, J. L., Villamien, M., Olano, A. (2004). Study on nomenclature browning in cookies, crackers and breakfast cereals by maltose and furosine determination journal of cereal science, 167-173.
- Rampertabs, D., Pooran, N., Brar, P., Singh P., Green, phr. (2006). Trends in the presentation of celiac disease. *am j med*, 119, 355. e9-14.
- Rashid, M., Lee, J. (2016). Tests sérologiques dans la maladie cœliaque Guide pratique à l'usage des cliniciens. *Can Fam Physician*, 62, e11-7.
- Real, A., Comino, I., Lorenzo, L., Merchán, F., Gil-Humanes, J., Giménez, MJ., López Casado, M. Á., Torres, M. I., Cebolla, Á., Sousa, C., Barro, F., Pistón. (2012). Molecular and immunological characterization of gluten proteins isolated from oat cultivars that differ in toxicity for celiac disease. *PLoS One*, 7(12), e48365.
- Rémond Didier, Walrand Stéphane. (2017). Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, INRA, 60, ff10.
- Renwick, A. G., Molinary, S. V. (2010). Sweet-taste receptors, low-energy sweeteners, glucose absorption and insulin release. *Br J Nutr*, 104, 1415-20.
- Rhee, C.K.(2001). Determination of Total Nitrogen. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. B.1.2.1-B1.2.9.
- Rostom, A., Murray, J. A. etKagnoff, M. F. (2006). American Gastroenterological Association (AGA) Institute Technical Review on the Diagnosis and Management of Celiac Disease.
- Roudaut, H. et Lefrancq, E. (2005). Alimentation théorique. *Série Sciences des Aliments, CRDP-Aquitaine et Doin*, 305 p.

S

- Sanjeewa, W. T., Wanasundara, J. P., Pietrasik, Z., and Shand, P. J. (2010). "Characterization of chickpea (*Cicerarietinum* L.) flours and application in low-fat porkbologna as a model system." *Food Research International*, 43(2), 617-626.
- Schakel, S. F., Van Heel, N. &Harnach, J. (2004). Appendix 1. Grain composition table. In *Encyclopedia of Grain Science*. Editors: WRIGLEY, C., CORKE, H., WALKER, E.C. Edition: Elsevier. Vol 3, 441p.
- Schmitz, J. (2007). Le régime sans gluten chez l'enfant. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 20, 337-344.
- Schmitz, J. et Garnier-Lengline, H. (2008). Diagnostic de la maladie cœliaque.456-461.

Références bibliographiques

- Schober, T. J. (2009). Manufacture of Gluten-Free Specialty Breads and Confectionery Products, 130 – 179, In: In: GALLAGHER E. Gluten-Free Food Science and Technology. Wiley-Blackwell. UK. 237 p
- Schuppan, D., Dennis, M., Kelly, C. (2005). Celiac. Disease: Epidemiology, Pathogenesis, Diagnosis, and Nutritional Management Nutrition. Clinical Care, 8 (2), 54-69.
- Shepherd, I. S. & Yoell, R. (1976). Cake Emulsions. In Food Emulsions (In Friberg, p. 216-275). Dekker, Marcel.
- Shiferaw, B., Jones, R., Silim, S., Teklewold, H. and Gwata, E. (2007). Analysis of production costs, market opportunities and competitiveness of Desi and Kabulichickpeas in Ethiopia. IPMS Working Paper 3. ILRI, AddisAbaba, Ethiopia. 48 pp.
- Shirley, O. (2007). Corriher, The elements of chocolate: cocoa, American Chemical Society. New York.
- Slade, L., Kweon, M. & Levine, H. (2014). Exploration of the functionality of sugars in cake making, and effects on cake quality.
- Small, E. et al. (1998). Les légumes du Canada. Presses scientifiques du CNRC. Ottawa (Ontario) Canada. 437p.
- Soulianc, L. et Remy, S. (2010). « Travaux sur les lipides et le goût ». 127p.
- Srinivasan, U., Jones, E., Weir, D. G. et al. (1999). Lactase enzyme, detected immunohistochemically, is lost in active celiac disease, but unaffected by oats challenge. Am J Gastroenterol, 94, 2936-2941.
- Stauffer, C. E. (1996). « Enrobages de chocolat et de confiserie ». Fats and Oils, Eagan Press Handbook Series, American Association of Cereal Chemists, Inc. 91-100.
- Stauffer, C. E. (1998). Fats and oils in bakery products. Cereal Foods World. 43(3), 120-126.
- SZAJEWSKA, H., Chmielewska, A., Piescik- Lech, M., Ivarsson, A., Kolacek, S., Koletzko, S. et al. (2012). Systematic review: early infant feeding and the prevention of coeliac disease. Aliment Pharmacol Ther, 36, 607-18.

T

- Thompson, T. (2008). The gluten-free nutrition guide. McGraw-Hill Edition, USA, 245 p.
- Timoussarh, W. (2006). Etude bio-écologique des principaux pucerons rencontrés sur la fève (*Vicia faba*. L) et l'orge (*Hordeum vulgare*. L) dans la région de M'Ziraa (W. Biskra). Thèse d'Ingénieur. Université Mohamed Khider, Biskra. 79p.

Références bibliographiques

tf

- Van der Maesen, L. J. G. (1987). Origin, history and taxonomy of chickpea.11-34.
- Varzakas, T. & Özer, B. (2012). Application of sweeteners in food and drinks. In T. Varzakas, A., Labropoulos. & S, Anestis (Éd.), Sweeteners: Nutritional Aspects, Applications, and Production Technology (Boca Raton, p. 209-254).
- Vavilov, N. I. (1926). Studies on the origin of cultivated plants. Leningrad, pp. 129, 238.

W

- Welch, R.W. (2005). Cereal Grains. In *Encyclopedia of Human Nutrition*. Editors: Caballero, B., Allen, L. & Prentice, A. 2nd edition, Elsevier academic press, Vol. I. 346-357.

Z

- Zehentbauer, G., Grosch, W. (1998). Gust aroma of baguettes I. Key Odorants of baguettes prepared in two different ways. *Journal of cereal science* 28, Issue I, 81-92.
- Zoulias, E., Oreopoulou, V., &Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. [Article]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(14), 1637-1644.

Annexes

❖ **Annexe n° 01 : Aliments autorisés et aliments interdits dans le régime sans gluten (CEGARRA, 2006)**

Aliments	Autorisés	Interdits
Laits	Entier, demi-écrémé, écrémé, lait croissance, liquide, concentré, frais, pasteurisé, en poudre, stérilisé UHT Lait de chèvre et brebis Lait fermenté nature	Laits parfumés
Dérivés du lait	Yaourts, suisses, fromages blancs nature et aromatisés Fromages : pâte molle, pâte cuite, fermentés.	Yaourts aux fruits Fromages à tartiner et fromage fondus Desserts frais lactés Desserts lactés à base de céréale.
Viandes	Fraîche Surgelée au naturel Conserve au naturel.	Cuisinée (du traiteur, surgelée, en conserve) Viande panée
Produits de la mer	Poissons frais, salés, fumés Poissons surgelés au naturel Poissons en conserve : au naturel, à l'huile Crustacés et mollusques.	Poissons, mollusques ou crustacés cuisinés (du traiteur, commerce ou surgelés).
Œufs	Tous autorisés.	
Matières grasses	Beurre, margarine, huile, crème fraîche, suif.	Matières grasses allégées.
Féculents, farineux et céréales	Pommes de terre : fraîches, précuites, sous vide Féculé de pomme de terre. Riz et ses dérivés. Légumes secs : frais, en conserve au naturel, farine de légumes secs. Soja et farine de soja. Châtaignes et leurs farines. Maïs et dérivés : féculé de maïs, semoule, germes, grains. Sarrasin et farine pure, galettes pures faites maison Millet et dérivés : semoule Manioc et dérivés : tapioca, crème de tapioca Sorgho. Extrait de malt. Amidon issu d'une céréale autorisée.	Pommes de terre cuisinés du commerce en boîte ou surgelés. Autres préparations à base de pommes de terre (traiteur, surgelés ou en conserves), chips, purée en flocons Blé et ses dérivés : farine, semoule, couscous, pâtes alimentaires, tous les produits de boulangerie, pain de mie, gâteaux secs sucrés et salés, pâtisseries, chapelure. Orge et dérivés. Seigle et dérivés. Céréales soufflées Triticale Amidon issu de céréales interdites (blé) ou sans origine précisée.

Annexes

Suite annexe n° 01.

Aliments	Autorisés	Interdits
Légumes	Tous les légumes verts : frais, surgelés au naturel, en conserve au naturel	Légumes verts cuisinés : du traiteur, en conserve ou surgelés Potage et soupe en sachet ou en boîte.
Fruits frais, fruits oléagineux	Tous autorisés frais, en conserve, confits Noix, noisettes, cacahuètes, amandes, pistaches : frais ou grillés, nature ou nature + sel Olives.	Figues sèches en vrac.
Produits sucrés	Sucre de betterave, de canne blanc et roux, fructose, caramel liquide Miel, confiture et gelées pur fruit, pur sucre Pâtes de fruits Cacao pur.	Sucre glace. Dragées. Nougats. Chewing- gum. Autres chocolats et friandises.
Desserts	Sorbets de fruits.	Pâtes surgelées ou en boîte pour tarte. Dessert glacé. Préparations industrielles en poudre pour dessert lacté (crème, flan).
Boissons	Eau du robinet. Eaux minérales et de source Jus de fruits, sodas aux fruits, sirops de fruits, limonade, tonic, sodas au cola.	Poudre pour boissons.
Divers	Fines herbes. Epices pures sans mélange. Cornichons. Levure du boulanger. Thé, café, chicorée, infusions, café lyophilisé.	Condiments et sauces Moutarde. Levure chimique. Epices en poudre.
Produits infantiles	Aliments lactés diététiques 1er et 2e âge Farine et aliments en petits pots portant la mention : sans gluten.	

Cornichon : petit concombre que l'on conserve dans du vinaigre.

Sorbet : glace à l'eau arrosée de jus de fruit.

Annexes

❖ **Annexe n° 02** : Composition nutritionnelle de quelques graines de légumineuses (**Didier R, Stéphane W, 2017**)

	pour 100 g	Energie kcal	Protéines g	Lipides g	Glucides g	Fibres g	Fer mg	Zinc mg	Calcium mg
Haricot blanc	sec	333	23.4	0.9	60.3	15.2	10.40	3.67	240
	cuit	139	9.7	0.4	25.1	6.3	3.70	1.38	90
Lentilles	sec	352	24.6	1.1	63.4	10.7	6.51	3.27	35
	cuit	116	9.0	0.4	20.1	7.9	3.33	1.27	19
Pois chiche	sec	378	20.5	6.0	63.0	12.2	4.31	2.76	57
	cuit	164	8.9	2.6	27.4	7.6	2.89	1.53	49
Pois cassé	sec	352	23.8	1.2	63.7	15.5	4.82	3.55	37
	cuit	118	8.3	0.4	21.1	8.3	1.29	1.00	14
Fève	sec	341	26.1	1.5	58.3	25	6.70	3.14	103
	cuit	110	7.6	0.4	19.7	5.4	1.50	1.01	36
Cornille	sec	336	23.5	1.3	60.0	10.6	8.27	3.37	110
	cuit	116	7.7	0.5	20.8	6.5	2.51	1.29	24
Lupin	sec	371	36.2	9.7	40.4	18.9	4.36	4.75	176
	cuit	119	15.6	2.9	9.9	2.8	1.20	1.38	51
Soja	sec	446	36.5	19.9	30.2	9.3	15.70	4.89	277
	Tofu	61	7.2	3.7	1.2	0.2	1.11	0.64	111

Annexes

❖ **Annexe n° 03** : Fiche de test de classement par rang.

Date :

Age :

Sexe : homme femme

Trois échantillons (cookies) vous sont présentés. Veuillez évaluer le goût des cookies et classer les échantillons par ordre décroissant, attribuez la cote 1 à l'échantillon présentant un bon goût, 2 au suivant et 3 à celui ayant un arrière-goût par rapport aux autres.

Code :

Rang attribué :

Annexes

❖ Annexe n° 04 : Fiche de test d'intensité pour les cookies.

Instructions relatives au juré :

Date .../.../....

- Age: ... ans
- Sexe : Homme Femme

Les cookies, vous sont présentés. Pour chacun des critères, il vous est demandé d'attribuer une note de 1 à 3 selon un ordre croissant d'appréciation.

Couleur

Désagréable

excellent.

Texture

Dure

croustillant.

Forme

Déformé

présentable.

Goût

Arrière-gout

bon.

Odeur

Désagréable

très agréable.

Annexes

❖ **Annexe n° 05** : Lots d'échantillonnage utilisés pour mesurer le diamètre des légumineuses.



- Echantillonnage de la fève



- Echantillonnage du pois chiche.

Annexes

❖ **Annexe n° 06** : Matériel utilisé pour la préparation des cookies.



Annexes

❖ Annexe n° 07 : Mesures des ingrédients utilisés.



Annexes

❖ **Annexe n°08** : Forme des cookies après cuisson.



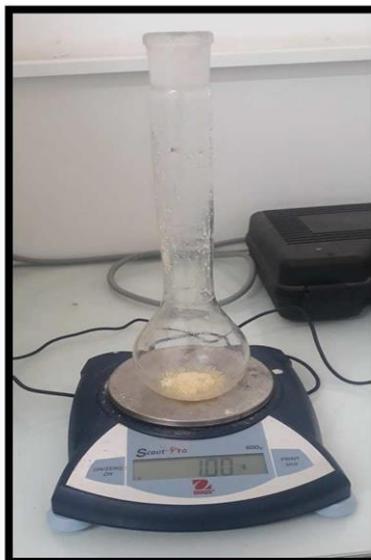
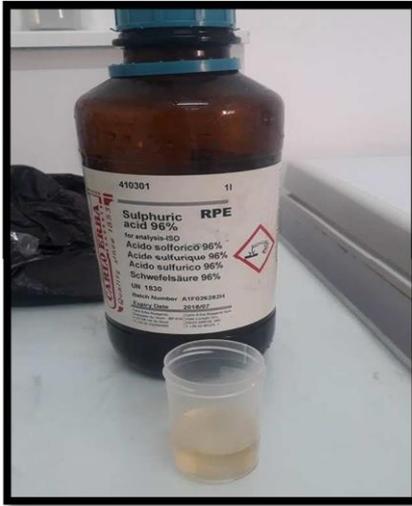
Annexes

- ❖ **Annexe n°09** : Différences des sommes de classement par rang absolu critiques pour les comparaisons de tous les traitements, à un seuil de signification de 5 %.

Dégustateurs	Nombre d'échantillons										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28	
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33	
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37	
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42	
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44	
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47	
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50	
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53	
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56	
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58	
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61	
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63	
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66	
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67	
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69	
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71	
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73	
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75	
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77	
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79	
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80	
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82	
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84	
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85	
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87	
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89	
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90	
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92	
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93	
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95	
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96	
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98	
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99	
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100	
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102	
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103	
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105	
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106	
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107	
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109	
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110	
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111	
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112	
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114	
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115	
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116	
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117	
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118	
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124	
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130	
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135	
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140	
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145	
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150	
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154	
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159	
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163	
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167	

Annexes

❖ Annexe n° 10 : Analyses physico-chimiques. Calcul de la matière protéique:



Annexes

Calcul d'humidité :



Résumé

La présente étude est réalisée afin d'élaborer un biscuit sans gluten (cookies) destiné aux malades cœliaques, de faire des analyses physico-chimiques, biochimiques sur la farine et les cookies ainsi que des analyses sensorielles sur le produit fini.

Dans ce travail, nous avons utilisé un mélange de farines de deux variétés de légumineuses connues : Aguadulce pour la fève et Flip 90 pour le pois chiche, comme substitution à la farine de blé tendre habituellement utilisée dans la fabrication des biscuits.

Les variétés de légumes secs étudiées présentent une richesse en protéines estimée à 30,43% pour la farine de fève et 22.18% pour la farine de pois chiche, ce qui rend le biscuit élaboré nutritionnellement riche.

Les résultats d'analyses physico-chimiques sont conformes aux normes, ce qui garantit la qualité du produit fini.

En dernier, l'évaluation des paramètres sensoriels et organoleptiques du biscuit a révélé une bonne acceptabilité par le jury de dégustation.

Mots-clés : maladie cœliaque, fève, pois-chiche, farine sans gluten, cookies.

Abstract

The aim of this study is to develop a gluten-free biscuit (cookies) intended for celiac patients, to perform physico-chemical and biochemical analyzes on the flour and cookies as well as sensory analyzes on the finished product.

In this work, we used a mixture of flours from two known varieties of legumes: broad bean and chickpea, to completely replace the wheat-based flour usually used in the manufacture of cookies.

The varieties of dried vegetables studied have a high protein content estimated at 30.43% for bean flour and 22.18% for chickpea flour, which makes our biscuit rich in nutrition.

The results of physico-chemical analyzes comply with standards, which guarantees the quality of our biscuit.

Lastly, the evaluation of the sensory and organoleptic parameters of the biscuit revealed good acceptability by the tasting panel.

Keywords: celiac disease, broad bean, chickpeas, gluten-free flour, cookies.

ملخص

تهدف الدراسة الحالية إلى تطوير بسكويت (كوكيز) خالي من الغلوتين مخصص لمرضى الاضطرابات الهضمية (السيلياك) إجراء تحاليل فيزيوكيميائية وبيوكيميائية على الدقيق و البسكويت كما سيتم أيضا إجراء تحاليل حسية على المنتج النهائي. في هذا العمل، استخدمنا خليطا من الدقيق من نوعين معروفين من البقوليات: الفول والحمص، لاستبدال دقيق القمح الذي يستخدم عادة في صناعة البسكويت. تحتوي أصناف الخضار المجففة المدروسة على نسبة عالية من البروتين تقدر بـ 30.43% لدقيق الفول و 22.18% لدقيق الحمص، مما يجعل بسكويتنا غنيا من الناحية الغذائية. تتوافق نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية مع المعايير التي تضمن جودة البسكويت المصنوع. أخيرا، أظهر تقييم المعلمات الحسية للبسكويت قيوًلا جيدا من قبل لوحة التذوق.

الكلمات المفتاحية: مرض الاضطرابات الهضمية، التثمين، الفول، الحمص، الدقيق الخالي من الغلوتين، البسكويت