

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Sciences Alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

SAFIR Samia

Thème

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

Soutenu le : 24 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mme. SAYAH .S

MAB

Univ. de Bouira

Présidente

Mme. MAHDI .K

MCA

Univ. de Bouira

Examinatrice

Mme. AMMOUCHE .Z

MAB

Univ. de Bouira

Promotrice

Année Universitaire : 2019/2020



Remerciements



Avant toute chose, nous remercions Dieu le tout puissant, miséricordieux et clément, pour nous avoir donné santé, patience, volonté et courage.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier mon enseignante et ma promotrice madame AMMOUCHE. Z pour m'avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail pour son esprit scientifique, ses précieux conseils et ses encouragements.

J'adresse aussi mes vifs remerciements à tous les membres du jury:

A madame SAYAH. S, maître assistant classe B à la faculté de sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'UAMOB, Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de mémoire.

A madame MAHDI. K, maître de conférences classe A, à la faculté de sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'UAMOB, qui a bien aimablement accepté de juger ce travail, Sincères remerciements.

Je remercie du fond de mon cœur, monsieur KASSOUS Abdelkader Ingénieur d'Etat en Agronomie pour ses conseils, son soutien moral ...encore mille mercis.

Sincères remerciements, à madame ARAB et mademoiselle BEN ABDRAHMANE pour ses conseils et ses encouragements et pour m'aider de réaliser ce travail.

Mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à tous les amis et les collègues pour leurs encouragements et leur amitié.





Dédicaces



Je dédie ce travail à :

Mes parents,

Ma sœur,

Mes frères,

Mes amies.

SAFIR SAMIA



Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Synthèse bibliographique

I - Maladie cœliaque et régime sans gluten

I-1- Définition	3
I-2- Mécanisme pathogénique	3
I-3- Le régime sans gluten	4
I-4- Aliments autorisés et aliments interdits dans le régime sans gluten	4
I-5- Régime sans gluten et équilibre alimentaire	4
I-6- Problèmes du régime sans gluten	5

II - Légumes secs

II-1- Généralités sur les légumes secs	7
II-2- Composition et valeur nutritionnelle des légumes secs	7
II-3- Pois chiche	8
II-3-1- Composition et valeur nutritionnelle	8
II-4- Fève	9
II-4-1- Composition et valeur nutritionnelle	9

III - Technologie biscuitière

III-1- Définition	11
III-2- Classification des biscuits	11
III-3- Principaux ingrédients et leurs effets	12
III-3-1- Farine	12
III-3-2- Matière grasse	13
III-3-3- Sucre	13
III-3-4- Eau	14
III-4- Pâtes biscuitières et Cuisson	14
III-4-1- Formation de la pâte	14
III-4-2- Cuisson	14
a. Fonte des lipides et dissolution des sucres	15
b. Activation de la levure chimique	15
c. Modifications hydrothermiques de l'amidon	15

d. Dénaturation des protéines	16
III-5- Critères d'évaluation de la qualité du biscuit	17
III-5-1- Texture	17
III-5-2- Couleur	17
III-5-3- Goût, flaveur et arôme	17

Partie expérimentale

I - Matériel et méthodes

I-1- Matériel végétal	18
I-1-1- Caractéristiques des légumes secs utilisés	18
I-1-2- Préparation de farine	18
I-2- Méthodes d'analyses physico-chimiques :	20
I-2-1- Le pH	20
I-2-2- Humidité	20
I-2-3- Dosage des protéines totales	21
I-2-4- Dosage des lipides totaux	22
I-3- Elaboration du biscuit	23
I-3-1- Présentation du produit élaboré	23
I-3-2- Etapes d'élaboration du biscuit	24
1. Crémage	24
2. Pétrissage	24
3. Mise en forme	24
4. Cuisson	25
I-4- Analyse du produit fini	27
I-4-1- Analyses physico-chimiques	27
I-4-2- Analyses organoleptiques	27

II - Résultats et discussion

II-1- Caractéristiques physico-chimiques des farines étudiées	28
II-1-1- pH	28
II-1-2- Teneur en eau	28
II-1-3- Teneur en protéines	29
II-1-4- Teneur en lipides totaux	30
II-2- Caractérisation physicochimique du biscuit élaboré	30
II-2-1- pH	30
II-2-2- Teneur en eau	30
II-2-3- Teneur en protéines	31
II-2-4- Teneur en lipides totaux	31

II-3- Résultats de l'analyse sensorielle	31
II-3-1- La couleur	32
II-3-2- L'odeur	32
II-3-3- La texture	33
II-3-4- La forme	33
II-3-5- Le goût	33
Conclusion générale	34
Références bibliographiques	36
Annexes	
Résumés	

Liste des abréviations

aw : Activité d'eau.

AFNOR : Association française de normalisation.

BIMO : Biscuiterie moderne.

CCLS : Coopératives des Céréales et légumes sec.

d: Densité.

FAO: Food and agriculture organization.

HLA : Human Leukocyte Antigen (antigène leucocytaire humain).

ISO: Organisation Internationale de Normalisation.

LDL: Low Density Lipoprotein.

N: Normalité.

NF: Norme française.

OMS: Organisation Mondiale de la Santé.

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Fève (AGUADULCE).	18
Figure 02	Pois chiche (FLIP 90).	18
Figure 03	Farine de pois chiche.	19
Figure 04	Farine de fève.	19
Figure 05	Cookies sans gluten à base de farine de pois chiche et de fève.	25
Figure 06	Diagramme d'élaboration de cookies sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine fève.	26
Figure 07	Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini « Cookies ».	32

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	Composition chimique (g/100g) de certaines légumineuses alimentaires.	8
Tableau 02	Différentes opérations de préparation de farine de pois chiche et fève.	19
Tableau 03	Types et quantités des ingrédients ajoutés dans la fabrication du biscuit.	24
Tableau 04	Résultat des différents paramètres physico-chimique des farines étudiées.	28
Tableau 05	Résultats des analyses physico-chimique du produit fini « Cookies ».	30

Introduction

Introduction :

La maladie cœliaque est une entéropathie associée à l'alimentation causée par une intolérance au gluten (protéine présente dans le blé et d'autres céréales seigle, orge et avoine). Elle se produit chez des individus génétiquement prédisposés. La fraction protéique toxique est la gliadine (extrait alcoolique des prolamines du blé), appelée aussi sécaline dans le cas du seigle, hordénine pour l'orge et avénine de l'avoine. Elles sont responsables d'une atrophie totale ou subtotale des villosités intestinales conduisant à une malabsorption de nombreux éléments nutritifs qui se traduit par un retard de croissance chez les enfants et un risque d'ostéoporose chez les adultes (**DENERY-PAPINI *et al.*, 2001 ; CEGARRA, 2006 ; SCHMITZ, 2007**).

Le traitement de la maladie cœliaque est uniquement diététique. Il consiste à supprimer totalement le gluten de l'alimentation. Ce traitement est simple dans son principe mais difficile à mettre en œuvre compte tenu des contraintes sociales qu'il impose notamment après la première année de la vie, au fur et à mesure que l'enfant grandit. Il pose un problème dans les pays où l'alimentation est à base de céréales (**DENERY-PAPINI *et al.*, 2001 ; CEGARRA, 2006 ; SCHMITZ, 2007**).

En Algérie, les malades cœliaques souffrent d'un manque d'aliments de consommation courante ne contenant pas de gluten. Les produits diététiques commercialisés destinés à cette tranche de population sont pour la plupart importés, onéreux, peu diversifiés, de texture et de goût peu appréciés. Ce problème se pose surtout pour les enfants en âge de sevrage dont les besoins nutritionnels ne dépendent plus que du lait maternel (**BENATALLAH *et al.*, 2004**).

Les légumes secs (pois chiche, fève, lentille) 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 (teneur deux à trois fois plus élevée que la plupart des céréales). Elles constituent une bonne source d'énergie et fournissent de nombreux éléments minéraux essentiels, comme le calcium et le fer.

Les biscuits sont des produits de boulangerie les plus populaires consommés par les enfants et les adultes, ceci est principalement lié à leur qualité gustatives, leur disponibilité dans différentes variétés, leur coût accessible, ainsi que leur longue durée de conservation.

En Algérie, l'industrie des biscuits occupe une place importante dans le domaine agroalimentaire. La fabrication des biscuits se base sur l'emploi des farines de blé, cependant, il existe d'autres types de farines comme : la farine de maïs, riz, dattes, caroube ...

Notre travail consiste à l'amélioration de la situation alimentaire des malades cœliaques algériens, l'élaboration d'un biscuit sans gluten destinée aux malades cœliaques ainsi que la valorisation des produits de légumes secs disponible localement à savoir pois chiche, fève, féverole ...

La première partie de notre travail est consacrée à la description des données bibliographiques relatives à la maladie cœliaque et le régime sans gluten, aux légumes secs utilisés et à la technologie biscuitière. La seconde partie se focalise sur la méthodologie du travail, la troisième partie traite l'interprétation des résultats obtenus. Enfin, la dernière partie est consacrée à la conclusion générale et aux perspectives.

Synthèse

bibliographique

I - Maladie cœliaque et régime sans gluten.

I-1- Définition :

La maladie cœliaque est une entéropathie chronique immuno-dépendante affectant l'intestin grêle chez les enfants et les adultes génétiquement prédisposés, qui est induite par l'ingestion de nourritures contenant du gluten. On la connaît aussi sous les noms de : sprue cœliaque, entéropathie au gluten ou sprue non tropicale (**LUDVIGSSON *et al.*, 2013**).

Elle se traduit par une atrophie de la muqueuse du grêle proximal, régressive après exclusion alimentaire du gluten de blé et des prolamines équivalentes des autres céréales réputées toxiques pour les malades cœliaques (**CLOT *et al.*, 2001**).

L'exclusion totale et définitive du gluten est à la base du traitement de la maladie cœliaque. Le gluten étant principalement retrouvé dans le blé, le seigle et l'orge, ces céréales et leurs sous-produits doivent être éliminés de l'alimentation des cœliaques (**FARELL *et KELLY*, 2002**).

I-2- Mécanisme pathogénique :

Selon **MATUCHANSKY *et al.*, (2004)**, les prolamines des quatre céréales classiquement toxiques pour la muqueuse intestinale des cœliaques sont les α -gliadines de blé, les fractions prolamines du seigle (sécaldines), de l'orge (hordénines) et probablement à un plus faible degré, celles de l'avoine (avénines). Ces protéines sont appelées prolamines à cause de leur richesse en proline et en glutamine. Pour l'avoine, les protéines de réserve majeures sont des globulines.

D'après **DENERY-PAPINY (2001)**, les prolamines de l'avoine ne représentent que 10 % des protéines totales du grain au lieu de 70 % pour le blé. Cette importante différence pourrait être à l'origine de la meilleure tolérance de l'avoine par les malades cœliaques. La consommation de protéines contenant les gliadines chez les sujets prédisposés entraîne une réponse auto immune au niveau de la muqueuse intestinale, responsables de la maladie cœliaque (**MATUCHANSKY *et al.*, 2004**).

Lorsque les gliadines, fraction protéique des céréales, traverse l'épithélium intestinal, elle est déamidée par la TransGlutaminase tissulaire (TG). Cette dernière est une enzyme produite abondamment dans la sous muqueuse intestinale (chorion). Les gliadines qui ne sont pas elles-mêmes immunogènes, sont transformées en acide glutamique qui lui est immunogène. Chez les sujets prédisposés porteurs de molécules HLA DQ2 et HLA DQ8, les CD4⁺ s'activent spécifiquement et sont responsables d'une réponse humorale avec production d'anticorps et une réponse cellulaire avec activation des lymphocytes cytotoxiques qui vont tous s'attaquer à la muqueuse intestinale (**CELLIER, 2006**).

I-3- Le régime sans gluten :

La définition stricte d'un régime sans gluten demeure controversée à cause du manque d'une méthode précise pour détecter le gluten dans les produits alimentaires et le manque de preuves scientifiques pour ce qui constitue une quantité sûre d'ingestion de gluten. Dans le monde entier, des études scientifiques sont toujours en cours sur ce qui constitue un régime sans gluten, en particulier si on devrait permettre l'amidon du blé et l'avoine. Pendant longtemps, l'avoine a été considérée toxique et son élimination du régime a été recommandée. Cependant, pendant les dernières années, des résultats obtenus à partir des études *in vitro* comme des investigations cliniques, en particulier chez les adultes mais également chez les enfants, permettent de conclure que l'avoine est en effet totalement sûre (**HOFFENBERG *et al.*, 2000 ; KEMPPAINEN *et al.*, 2009**).

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, soja, sarrasin, millet).
- 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.

L'objectif du régime sans gluten chez le cœliaque est double, il vise à corriger les anomalies cliniques, biologiques et histologiques de la maladie et à diminuer le risque à long terme d'ostéogénies et des complications néoplasiques, notamment le lymphome malin de l'intestin grêle (**MATUCHANSKY *et al.*, 2004**).

I-4- Aliments autorisés et aliments interdits dans le régime sans gluten :

Tous les aliments naturels ou industriels contenant des produits dérivés du blé, du seigle ou de l'orge, sont exclus de l'alimentation en régime sans gluten, comme le pain, les pâtes, les pâtisseries et ceux dans lesquels est additionnée la farine, tels que la charcuterie, les condiments, les plats cuisinés, les conserves alimentaires. 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 (**SCHMITZ, 2007**).

Les aliments autorisés et les aliments interdits dans le régime sans gluten sont présentés dans l'annexe 1.

I-5- Régime sans gluten et équilibre alimentaire :

D'après les études le moment est venu pour consacrer plus d'attention aux problèmes concernant le suivi correct de la maladie cœliaque, non seulement la conformité au régime, mais également l'équilibre alimentaire du régime lui-même (**THOMPSON, 2008**).

Pour concilier un régime sans gluten et un bon équilibre alimentaire, il est indispensable de varier l'alimentation (**SCHMITZ, 2007**). Heureusement, il existe de nombreux aliments naturellement exempts de gluten: riz, maïs, légumineuses, lait et produits laitiers, viande, poisson, huiles et graisses, qui permettent donc de s'alimenter de façon équilibrée et diversifiée. Les substituts de produits avec gluten doivent apporter qualitativement et quantitativement autant de glucides, de protéines, de fibres mais aussi plus de vitamines et de minéraux afin de palier au déficit engendré par leur malabsorption intestinale dans le cas cette maladie un régime sans gluten peut être équilibré et peut fournir tous les nutriments nécessaires pour un régime équilibré, pour la majorité des adultes et des enfants, le régime devrait inclure 2 à 4 portions de fruits, 3 à 5 portions de légumes, 6 à 11 portions de grains sans gluten et 3 à 4 portions de produits laitiers. Un régime contenant tous ces groupes d'aliments peut aider à fournir les nutriments nécessaires (**THOMPSON, 2008**).

D'après **THOMPSON (2008)**, les clefs d'un régime équilibré sont :

- Manger chaque jour une variété d'aliments et boissons nutritionnellement denses. Un aliment nutritionnellement dense est un aliment qui fournit une grande quantité d'un nutriment ou des nutriments pour une teneur en calories de l'aliment. Par exemple, une portion de 100 kcal de banane est nutritionnellement plus dense que 100 kcal de soda ;
- Limiter la prise des aliments contenant des lipides saturés, du cholestérol, du sucre ajouté et du sel ajouté ;
- Manger chaque jour une variété de fruits et légumes. Une personne ayant besoin de 2000 kcal par jour devrait consommer quotidiennement 2 tasses de fruits et 2 tasses et demi de légumes ;
- Manger les grains entiers. Au moins la moitié des portions de grains devrait être des grains entiers. Le reste des portions de grains devrait venir des produits entiers ou enrichis ;
- Boire chaque jour 3 tasses de lait écrémé ou à faible teneur en matière grasse (ou consommer l'équivalent).

I-6- Problèmes du régime sans gluten :

La gestion de la maladie cœliaque confirmée est le régime sans gluten pendant toute la vie. Tandis que ceci semble comme un traitement simple, il est souvent difficile que les patients se conforment à cette restriction diététique. Son application est contraignante et constitue un véritable défi pour les malades ainsi que pour les parents, diététiciens et médecins qui les suivent. Les facteurs qui contribuent à l'insoumission incluent le manque des aliments sans gluten facilement disponibles, en particulier en mangeant hors de la maison, le goût moins acceptable des produits sans gluten et les difficultés liées à la préparation des plats avec les ingrédients sans gluten. Le gluten étant présent dans de très nombreux aliments, non

précisé dans de nombreuses préparations, rend le suivi du régime difficile surtout au début, notamment par la perte de convivialité, voire l'exclusion sociale qu'il peut entraîner, mais aussi par le surcoût des produits de substitution (**MATUCHANSKY *et al.*, 1999 ; VAHEDI *et al.*, 2001 ; CEGARRA, 2006**).

En effet, si le régime sans gluten est assez facile à réaliser durant les premières années de vie, celui-ci se complique quand l'enfant fait son entrée à l'école. L'alimentation se diversifie de plus en plus et les tentations sont plus fortes (goûters collectifs, anniversaires). Il existe des produits sans gluten mis à la disposition des familles; ces produits ont un coût non négligeable devant être pris en compte dans le budget de la famille (**CEGARRA, 2006**).

L'ingestion involontaire du gluten peut se produire en raison des traces de gluten dans une large variété de substances alimentaires et de médicaments, de la contamination des produits sans gluten avec du gluten pendant le traitement et l'information fautive des patients du contenu des aliments de la part des fabricants, du personnel de restaurant et même des amis bien intentionnés et des parents. Le régime pose des difficultés particulières pour les enfants, les adolescents et leurs parents.

Selon **BENATALLAH (2009)**, la série des problèmes rencontrés quotidiennement par les malades cœliaques algériens a concerné essentiellement:

- La non disponibilité et diversité des produits sans gluten ;
- La cherté de ces produits ;
- La mauvaise qualité des produits sans gluten commercialisés sur le marché algérien les rendant de faible palatabilité ;
- La fabrication de galette ou de pain sans gluten, tout en substituant la farine de blé par celle de riz ou de maïs, donne des produits moins légers et peu appréciés par les cœliaques ;
- Le manque d'organismes spécialisés pour l'information des malades et leurs familles sur les détails de leur maladie et la diététique appropriée (aliments interdits et recettes non coûteuses des aliments autorisés) ;
- Une insuffisance de motivation et de sensibilisation des industriels et investisseurs nationaux pour la fabrication de produits sans gluten.

II - Légumes secs.

II-1- Généralités sur les légumes secs :

Les légumes secs sont les graines comestibles des plantes de la famille des légumineuses. Ils sont particulièrement riches en amidon et à teneur peu élevée en lipides. Elles sont caractérisées par une forte teneur en protéines. Il s'agit des haricots secs, des lentilles, des pois chiches, des pois ronds et cassés, des fèves (**FAO, 1982 ; BICHON, 1991 ; CUQ et LEYNAUD- ROUAUD, 1992**).

En Algérie, les légumineuses alimentaires font partie du paysage agricole depuis des millénaires. Ces cultures sont utilisées dans la rotation avec les céréales car elles enrichissent le sol en azote. Les légumes sec sont aussi cultivés parce qu'ils constituent une importantes source protéique susceptible de remplacer les protéines animales. La production nationale de légumes secs ne satisfait pas tous les besoins de la population algérienne. Malgré une augmentation des surfaces réservées à cet effet; le rendement reste assez faible de 0,4 à 1,4 tonnes/ha. En Algérie, les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont la lentille, le pois chiche, le pois et la fève (**AMIR *et al.*, 2006**).

II-2- Composition et valeur nutritionnelle des légumes secs :

Les graines de légumineuses représentent une part cruciale dans l'alimentation humaine due à leurs propriétés nutritionnelles recherchées. Elles constituent une importante source de protéines pour de larges catégories de population dans le monde, en particulier, dans les pays où la consommation des protéines animales est limitée par leur non- disponibilité, leur coût élevé, ou liée à des habitudes religieuses et culturelles (**LIENER, 1962**). En plus d'être une source riche et moins chère en protéines, les légumes secs sont une excellente source de fibres, de glucides complexes, de vitamines (B9) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc), et de composés bioactifs.

Des récentes études épidémiologiques, indiquent que la consommation des légumineuses est inversement associée au risque de maladies coronariennes, de cancer, du diabète de type II, d'ostéoporose, d'hypertension, de troubles gastro-intestinaux, de maladie des glandes surrénales, et à l'augmentation des taux du cholestérol LDL (**HU, 2003 ; PIHLANTO et KORHONEN, 2003 ; THARANATHAN et MAHADEVAMMA, 2003 ; JACOBS et GALLAHER, 2004**).

La composition chimique globale de quelques légumineuses est résumée dans le tableau n° 01.

Tableau 01: Composition chimique (g/100g) de certaines légumineuses alimentaires (ZHOU *et al.*, 2013 ; NDIFE *et al.*, 2011 ; SANJEEWA *et al.*, 2010).

Légumineuse	Nom scientifique	Protéine	Lipides	Glucides	Fibres	Minéraux
Soja	<i>Glycine max L.</i>	36 - 39	10 - 19,9	30 - 36	6,5 - 9,3	2,5 - 4,9
Pois chiche	<i>Cicer arietinum</i>	19 - 27	6-7,6	60-64	17,4-22	2,48 - 3
Lentille	<i>Lens culinaris</i>	25,8	1,06	60-62	30,5	2,67
Arachide	<i>Arachis hypogaea</i>	20 - 26	40 - 49	14 - 16	8,5 - 10	2,33 - 3
Haricot	<i>Phaseolus vulgaris</i>	21,6	1,42	62,36	15,2	3,6
Fèverole	<i>Vicia faba</i>	26,12	1,53	58,29	25	3,08

II-3- Pois chiche :

Le pois chiche (*Cicer arietinum L*) est une plante de la famille des 'Fabacées' voisine du petit pois mais d'un genre botanique différent. Son nom latin d'espèce arietinum fait référence à la forme de la graine en tête de bélier flanquée de ses cornes. C'est un pois de taille moyenne, rond et terminé en pointe. Il existe de nombreuses variétés de pois chiche (*Cicer arietinum*) 20000 dans le monde qui peuvent se classer en trois grands types:

- *Desi*, à graines assez petites (moins de 300 mg), ridées de couleur jaune à noire ; ce type représente 85 % des surfaces cultivées dans le monde, utilisé pour l'alimentation animale ;

- *Kabuli*, à graines moyennes (plus de 250 mg), ridées, de couleur crème, destiné à l'alimentation humaine ;

- *Gulabi*, beaucoup moins cultivé, de couleur claire, semble promoteur en France (PLANCQUAERT et WERY, 1991).

II-3-1- Composition et valeur nutritionnelle :

Le pois chiche est un excellent aliment vu sa composition chimique. C'est une source importante de protéines végétales (23 g par 100 g de graines). Le double de ce que peuvent offrir les céréales et plus que ce que l'on trouve dans la viande (BAUMGARTNER, 1998).

Il compte également 64 % de carbohydrates, 47 % d'amidon, 5 % d'acide gras principalement l'acide linoléique et oléique. sa composition minérale est riche en phosphore

(343 mg / 100 g), calcium (186 mg/100g), magnésium (141 mg/100g), fer (7 mg/100g) et du zinc 3 mg /100g) (**PRATAP et KUMAR, 2011**).

Le pois chiche est très apprécié comme aliment de santé surtout dans les pays développés vu sa faible teneur en matière grasses et sa richesse en fibres (**BAUMGARTNER, 1998**). Maintenant, il est établi que sa consommation régulière améliore la santé. En effet, il convient au régime alimentaire pour les patients souffrant de maladies coronariennes et cardiovasculaires et aux diabétiques du type II (**TRINIDAD et al., 2010**). Il contrôle le taux de cholestérol et la tension artérielle (**JUKANTI et al., 2012**) et couvre largement les besoins nutritifs en acides aminés de l'homme adulte et de l'enfant selon les normes données en 1985 par la FAO (**MANSOUR, 1996**).

Il renferme également une multitude de vitamines hydrosolubles comme la biotine qui est cofacteur essentiel aux carboxylases et décarboxylases, enzymes clés de la majorité des cycles métaboliques (**HUDA et al., 2003**). Il contient des minéraux comme le fer, le potassium, le calcium, le magnésium et des oligoéléments. Ceci fait de lui un aliment équivalent au poisson ou à la viande bovine, surtout s'il est associé aux céréales (**ALI et al., 2008**).

II-4- Fève :

La fève (*Vicia faba* L) est une plante herbacée annuelle diploïde ($2n = 12$ chromosomes) et partiellement allogame. Elle est formée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur. L'appareil végétatif comprend: les racines, la tige et les feuilles quant à son appareil reproducteur, il est formé par les fleurs qui sont à l'origine des fruits et des graines (**WANG et al., 2012**).

D'après **NUESSLY et al., (2004)**, la fève est subdivisée selon la taille des graines en 3 sous espèces qui sont :

- *Vicia faba var. minor* Beck et *Vicia faba var. equina* Pers, ou féveroles dont les graines sont respectivement de petite taille et de taille moyenne. Elles sont principalement cultivées pour l'alimentation animale ou comme engrais vert ;

- *Vicia faba var. major* Harz, ou fève proprement dite se distingue par la taille importante de ses graines. Elle est destinée à l'alimentation humaine.

II-4-1- Composition et valeur nutritionnelle :

D'après **LARRALDE et MARTINEZ (1991)**, la valeur nutritionnelle de la fève est attribuée à sa teneur élevée en protéines (25 % à 35 %), la plupart de ces protéines sont des globulines (60 %), des albumines (20 %), des glutélines (15 %) et des prolamines.

Contrairement aux céréales, les graines de fève contiennent des protéines riches en lysine et faibles en méthionine, cystéine et tryptophane. De ce fait les fèves sont souvent dans les régimes alimentaires de l'humanité comme du bétail (**CREPON *et al.*, 2010**).

Les fèves sont aussi une bonne source de glucides (50 % à 60 % d'amidon), de minéraux (leur teneur varie entre 1 % et 3,5 %, étant particulièrement riche en calcium et en fer), de fibres (7 %) et de vitamines (les quantités de thiamine tocophérols, niacine et l'acide folique sont élevées alors que la vitamine C, la riboflavine et d'autres vitamines liposolubles sont faibles). Par contre, la proportion lipidique est faible environ (1 % - 2,5 %), particulièrement riche en acide gras linoléique (**LARRALDE et MARTINEZ, 1991**).

La fève constitue une source considérable d'énergie 344 Kcal/100 g et peut efficacement remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (**CHAIEB *et al.*, 2011**). Cependant, **KÖPKE et NEMECEK (2010)** signalent que les graines de fève contiennent 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**).

III - Technologie biscuitière.

III-1- Définition :

L'origine du mot biscuit est "Bis-Cuit", qui signifie subir une double cuisson. A ses débuts, le biscuit étant en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans des compartiments au-dessus du four ou dans une étuve pour terminer l'évaporation de son humidité (**KIGER et KIGER, 1967 ; MENARD et al., 1992**). Cette double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il sera plus juste d'entendre le terme biscuit par « bien cuit » (**KIGER et KIGER, 1967**). A ce biscuit peut être attribuée la définition suivante: "C'est un aliment à base de farines alimentaires, de matière sucrantes, de matière grasse, et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois, et pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide" (**KIGER et KIGER, 1967**).

III-2- Classification des biscuits :

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (**KIGER et KIGER, 1967 ; MOHTEDJI-LOMBALAI, 1989 ; FEILLET, 2000**).

- Les pâtes dures ou semi dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse-croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60 % de la consommation de biscuits ;

- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que les boudoirs, les langues de chat et d'articles moelleux tels que les génoises, les madeleines, les cakes, les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses ;

- Les pâtes ayant une forte teneur en lait ou en eau contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication telles que le pétrissage, le repos et le moulage de la pâte, et enfin la cuisson et le refroidissement des biscuits (**MAACHE-REZZOUG et al., 1998 ; MANOHAR et RAO, 2002**).

Selon le **Programme National de Nutrition Santé (2007)**, (PNNS), les biscuits sont surtout classés en fonction de leur activité d'eau. En cela, les biscuits sont classés en trois catégories :

- Les biscuits secs : activité d'eau compris entre 0.05 et 0.5 dans cette catégorie se trouve les biscuits sucrés et gouters ;

- Les biscuits à humidité intermédiaire : aw comprise entre 0.55 et 0.85. Dans cette catégorie se trouvent les biscuits aux œufs (boudoirs, cuillers,...) et les gaufrettes qui représentent 5 % et les biscuits chocolatés et assortiments représentent 30 % ;

- Les pâtisseries (produits humides) : aw supérieure à 0.8 - 3.

III-3- Principaux ingrédients et leurs effets :

Les trois ingrédients de base pour la fabrication des biscuits sont: la farine, la matière grasse et le sucre, les différentes combinaisons de ses ingrédients donnent naissance à un large éventail de produits avec de formes et de textures diverses (**GALLAGHER, 2008 ; ARDENT *et al.*, 2009**).

III-3-1- Farine :

La farine de blé reste la matière première principale de ce secteur. Elle constitue un élément clé de la qualité des produits de biscuiterie. C'est par exemple le cas des biscuits secs et des goûters, qui représentent la plus importante des références biscuitières, dont la farine représente plus de 60 Kg par 100 Kg de biscuit (**MOHTEDJIL-LAMBALAIS, 1989 ; MENARD *et al.*, 1992 ; THARRAULT, 1997 ; FEILLET, 2000**).

Elle est responsable de la structure finale du produit. Son utilisation très répandue est liée à la capacité de la pâte à retenir le gaz permettant ainsi son expansion lors de la cuisson (**GAN *et al.*, 1995**). La farine est un composé complexe comportant différents constituants (protéines, lipides, glucides...) qui jouent un rôle direct ou indirect dans la structuration et l'aération de la pâte.

La valeur biscuitière d'une farine se juge d'après son aptitude à donner une pâte machinable, qui selon **KIGER et KIGER 1968**, résiste à un certain degré de brisure et pouvoir s'étendre en couche minces sans se casser ou craqueler à la surface, en donnant un produit fini de qualité. Certains facteurs intrinsèques à la farine comme les protéines ont une influence quantitativement et qualitativement importante sur la qualité du produit fini. Pour une farine biscuitière, la teneur en protéines doit être comprise entre 7.5 % et 10 % (**MENARD *et al.*, 1992 ; COLAS, 1998 ; FEILLET, 2000**).

III-3-2- Matière grasse :

La matière grasse est un ingrédient très important dans la fabrication des biscuits. Elle est d'habitude de nature semi-solide à température ambiante pour qu'elle se mélange bien et sans problème avec les autres ingrédients. Elle contribue à la plasticité de la pâte, joue le rôle d'un lubrifiant et influe la machinabilité de la pâte et les qualités texturales et gustatives du biscuit après cuisson. La capacité de la matière grasse à disperser les constituants du mélange est dû à l'insolubilité dans l'eau de cette matière (**MAACHE-REZZOUG et al., 1998**).

La principale fonction de la matière grasse est la fabrication des produits plus tendre. Elle lubrifie la structure en se dispersant dans la pâte durant le pétrissage ce qui empêche la formation du réseau glutineux, résultant en une matrice moins élastique. La formation de ce réseau glutineux est inhibée si la matière grasse couverte la farine avant qu'elle s'hydrate. Après cuisson les propriétés organoleptiques désirées pour ces produits se caractérisent par une texture moins dure, une tendance à se fondre dans la bouche (**FUSTIER, 2006**).

Pour cela, la consistance désirée de la pâte peut être achevée en augmentant la teneur en matière grasse tout en diminuant la teneur en eau. En grande quantité, l'effet lubrifiant de cet ingrédient est tellement grand que peu d'eau est nécessaire pour l'obtention d'un niveau faible de la consistance. Cependant, il faut noter que l'effet de la matière grasse sur la pâte et la qualité du biscuit n'est pas seulement fonction de sa composition mais aussi de celle de la farine et ses lipides natives (**FUSTIER, 2006**).

III-3-3- Sucre :

Le sucre est le troisième élément important dans la fabrication des biscuits. Il représente de 15 % à 25 % dans la formule d'un biscuit sec, et plus de 25 % en pâtisserie industrielle. Le saccharose, ajouté à l'état cristallin, est le plus employé. En plus de son pouvoir sucrant, il contribue à la formation des arômes, de la texture, de la coloration et à la conservation des biscuits. Il a également une fonction plastique (**FEILLET, 2000**).

En biscuiterie, le sucre a une influence remarquable sur le comportement de la pâte en provoquant son ramollissement. Cela est dû en partie à la compétition entre le sucre supplémentaire et la farine sur la disponibilité de l'eau dans le système (**MAACHE-REZZOUG et al., 1998**).

Le sucre influence les propriétés mécaniques des biscuits. Après cuisson, le saccharose agit en tant qu'agent durcissant en se cristallisant pendant le refroidissement du biscuit, ce qui fait du produit croustillant. Une augmentation de la concentration en sucre dans la formule crée des liens plus forts entre les particules après cristallisation en donnant un biscuit plus dure, indéformable avec une surface granuleuse (**MENARD et al., 1992 ; MAACHE-REZZOUG et al, 1998**).

En outre, le sucre joue un rôle important dans le développement de la couleur du biscuit pendant la cuisson. Sa caramélisation à une température supérieure à 149 °C donne la couleur recherchée de la face extérieure du biscuit et permet d'atteindre différentes nuances (MENARD *et al.*, 1992). Enfin, le sucre aide à retarder le rancissement de la matière grasse et la multiplication microbienne dans les biscuits. Ainsi, la haute teneur en sucre d'un biscuit favorise une pression osmotique élevée et diminue l'activité de l'eau, ce qui prolonge la durée de conservation (MENARD *et al.*, 1992).

III-3-4- Eau :

L'eau est un agent liant, elle est essentielle pour la formation de la pâte, est nécessaire pour la solubilisation des autres ingrédients, pour l'hydratation des protéines et les carbohydrates et pour le développement du réseau glutineux (FUSTIER, 2006). Elle est aussi un facteur essentiel dans le comportement rhéologique des pâtes (MAACHE- REZZOUG *et al.*, 1998). N'importe quelle augmentation de la teneur en eau modifie le module élastique et le module visqueux, et diminue la viscosité. S'il y a peu d'eau, la pâte devient fragile à cause de la déshydratation rapide de la surface (FUSTIER, 2006).

III-4- Pâtes biscuitières et Cuisson :

III-4-1- 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, la pâte doit être suffisamment cohésive pour être façonner/former, et ne pas être collante. Dans le but d'obtenir des pâtes biscuitières de bonne qualité, il est donc important de comprendre et de maîtriser toutes les étapes du procédé de fabrication à savoir la formulation, le pétrissage, le laminage et enfin la cuisson. Ainsi, de la machinabilité des pâtes biscuitières après pétrissage va dépendre la découpe en biscuits et le convoyage jusqu'au système de cuisson (ASSIFAOU, 2006).

Le pétrissage permet de mélanger intimement la farine et les autres ingrédients. 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).

III-4-2- Cuisson :

La cuisson fait intervenir simultanément les transferts de chaleur et de matière. De nombreuses modifications physiques et chimiques ont lieu au cours de la cuisson. Ces changements sont essentiellement d'ordre moléculaire et sont principalement causés par les transformations hydrothermiques qui affectent les constituants majoritaires de la pâte

(cristallisation des sucres, gélatinisation de l'amidon, dénaturation des protéines, et auto-oxydation des lipides) (AIT AMEUR, 2006).

C'est une étape clé durant laquelle la pâte se transforme en un produit poreux digestible ayant une flaveur, sous l'influence de la chaleur. 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. Toutefois, la matière grasse se fond et le sucre se dissout ce qui augmente la fluidité, ainsi permet l'expansion du biscuit. 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).

a. Fonte des lipides et dissolution des sucres :

Dès les premières minutes de cuisson la matière grasse fond et probablement même lors du repos de la pâte à des températures variant de 15°C à 50°C; ce qui est responsable des qualités plastiques de la pâte et promouvoir son étalement sous l'influence de la gravité (FUSTIER, 2006).

Le sucre présente une grande importance dans la définition de la résistance du biscuit à la fracture après la 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 moitié du sucre se dissout lors du pétrissage, et le reste se trouvant sous forme cristalline se dissout pendant la cuisson sous l'effet de la chaleur. Cela aussi augmente la fluidité et permet l'étalement de la pâte (AIT AMEUR, 2006).

b. Activation de la levure chimique :

La levure chimique devient active à 55°C-70°C, libérant le CO₂ et NH₃ et la pâte s'étale dans toutes les directions (FUSTIER, 2006).

c. Modifications hydrothermiques de l'amidon :

L'amidon est le constituant principal qui détermine la structure et la texture de plusieurs produits alimentaires à base de céréales. Sa température de gélatinisation est influencée par les niveaux élevés du sucre, attribuée à la limitation de la disponibilité de l'eau (DELCOUR *et al.*, 2010). C'est un polymère semi-cristallin et se présente sous forme d'un mélange de deux polymères de structures différentes: l'amylose (molécule linéaire) et l'amylopectine (molécule ramifiée). Tout au long de la cuisson, le grain d'amidon va subir un ensemble de

transformations correspondant à la perte de cristallinité, au gonflement et à la solubilisation. Pendant la gélatinisation, les granules d'amidon gonflent deviennent flexibles, certains éclatent et laissent diffuser l'amylose dans le milieu continu (**MALOUMBA *et al.*, 2011**).

La température de la gélatinisation se situe entre 52°C et 95°C, dans le cas de pâtes à biscuits (milieux peu hydratés: > 20 % base humide), les granules d'amidon sont peu altérés. Ces granules restent à l'état cru (**BOURSIER, 2005**).

Toutefois il y a une hydrolyse partielle de l'amidon dans les milieux peu hydraté, qui permet à la fois de libérer le maltose (sucre réducteur), puis le glucose, qui peuvent ultérieurement réagir seuls sous l'effet de la chaleur pour donner des produits de caramélisation, ou avec les protéines pour donner les produits de Maillard (**AIT AMEUR, 2006**).

d. Dénaturation des protéines :

Les protéines sont un constituant minoritaire de la farine de blé (8 % -10 % du poids total), mais représentent un élément fonctionnel et nutritionnel important dans les produits céréaliers. La température de dénaturation dépend de la structure physico - chimique de la protéine. Pour les protéines de blé elle se situe entre 60 °C et 70°C (**AIT AMEUR, 2006**).

Une fois la température de la transition vitreuse est dépassée (dépendance humidité-température), le réseau protéique peut se développer, et cela est accompagné par une augmentation de la viscosité. Comme l'amidon est partiellement gélatinisé, l'augmentation de la viscosité peut être attribuée aux propriétés des protéines (**FUSTIER, 2006**).

GALLAGHER (2008), explique le phénomène par le fait que les protéines gonflent quand la température de la transition vitreuse est atteinte, une phase continue ou réseau se forme ce qui diminue la mobilité de l'eau et augmente la viscosité de la pâte, ainsi il arrête l'expansion de la pâte.

La pâte continue à se développer par la production et l'expansion thermique des gaz, jusqu'à ce que la viscosité de la pâte devienne trop élevée. La perte d'eau et la déshydratation du biscuit se continue jusqu'à une teneur en eau de 3 % à 5 %; avec une rigidification de la structure. Des fissures peuvent apparaître à la surface quand l'eau de la surface est évaporée et remplacée par l'eau qui diffuse de l'intérieur du biscuit. Le sucre qui n'est pas volatile, tend à être concentré, ce qui résulte en une cristallisation de la surface pendant la cuisson. La surface devient sèche avec apparition des fissures pendant que les agents de levée continue à promouvoir l'expansion; donnant au biscuit leur structure alvéolée (**FUSTIER, 2006**).

Finalement, la formation des dérivés de la réaction de Maillard, caramélisation du sucre et dextrinisation de l'amidon avec une modification de la couleur de la surface du produit et génération de la saveur. Au même temps des modifications peuvent être observées dans les

dimensions et la texture des biscuits due à la faible teneur en eau (3 % - 5 %) (**FUSTIER, 2006**).

III-5- Critères d'évaluation de la qualité du biscuit :

Les attributs de la qualité les plus importants dans les aliments sont les caractéristiques sensorielles: la texture, la flaveur, l'arôme, taille et la couleur. La qualité du biscuit, se traduit par une maîtrise rigoureuse des caractéristiques physiques (dimensions, couleur, humidité), apparence de la surface et de la texture (densité, dureté, résistance aux bris) (**FUSTIER, 2006**).

III-5-1- Texture :

Elle est déterminée principalement par la teneur en humidité, en gras et le types et les quantités des carbohydrates structurales (cellulose, amidons, pectines...) et les protéines présentes, l'expansion, un évènement pertinent dans la formation de la texture est déterminé par les propriétés rhéologiques de la pâte, qui dépend du comportement et interactions de ces composants et la solubilité du gaz dans la phase continue. Des expansions grande produisent une faible densité ce qui résulte en de biscuits de grandes porosité. Les dimensions physiques du biscuit sont gouvernées par le développement de la structure poreuse dans le four, et le poids et la teneur en eau du biscuit sont principalement contrôlés par l'évaporation d'eau pendant la cuisson. La résistance de la croute du biscuit à la déformation est un attribut textural dont on connaît le nom de la dureté et fermeté et c'est un facteur important dans les produits de panification comme elle est fortement corrélée avec la perception de la fraîcheur du biscuit. Pour cela, la texture est un critère de qualité important, ou la formation d'une miette tendre et flexible est désirée (**LARA et al., 2011**).

III-5-2- Couleur :

La couleur 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**).

III-5-3- 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 e la chaleur, l'oxydation, l'activité non enzymatique sur les protéines, la matière grasse et les carbohydrates (exemple: réaction de Maillard) (**FELLOWS, 2000**).

Partie expérimentale

I - Matériel et méthodes.

I-1- Matériel végétal :

I-1-1- Caractéristiques des légumes secs utilisés :

Les légumes secs utilisés (fève, pois chiche) sont mis à notre disposition par la CCLS de Bouira, Ils sont récoltés en juin 2019.

- **Fève** : variété AGUADULCE, de couleur marron foncée et de forme aplatie (Figure n° 01).
- **Pois chiche** : variété FLIP-90, présente une forme anguleuse et une couleur beige (Figure n° 02).



Figure 01 : Fève (AGUADULCE).



Figure 02 : Pois chiche (FLIP 90).

I-1-2- Préparation de farine :

Le tableau n° 02 résume les différentes opérations de préparation des farines de pois chiche et de fève.

Tableau 02: Différentes opérations de préparation des farines de pois chiche et de fève.

Etape de transformation	Principe
Triage manuel	- Effectué manuellement pour éliminer les matières étrangères, grains endommagés.
Décorticage	- Notamment les graines de fève ont subi un décorticage manuel à l'aide d'un pilon.
Broyage	- Cette opération a pour but de réduire les grains en particules de plus en plus fines. - Le broyage est réalisé à l'aide d'un broyeur traditionnel.
Tamissage et conditionnement	- Cette opération a pour but la séparation de la fraction utilisable (farine) de celle non utilisable (enveloppes). - Le tamissage est réalisé à l'aide d'un tamis traditionnel. - Les farines obtenues sont conditionnées dans des bocaux en verre et stockées à 4°C.

Les figures n° 03 et n° 04 montrent l'aspect des farines de fève et de pois chiche obtenues :

**Figure 03 :** Farine de pois chiche.**Figure 04 :** Farine de fève.

I-2- Méthodes d'analyses physico-chimiques :

I-2-1- Le pH:

➤ **Principe :**

La détermination du pH par la méthode potentiométrique, est réalisée à l'aide d'un pH-mètre.

➤ **Mode opératoire**

1. Peser 5g de produit (farine de fève et farine de pois chiche) à analyser dans un bécher rempli d'eau distillée jusqu'à 50 ml.
2. Agiter pour homogénéiser le mélange.
3. Avant de mesurer le pH de produit, il faut étalonner l'appareil.
4. Une fois le pH-mètre équilibré, introduire l'électrode dans le bécher contenant le produit.

➤ **Expression des résultats :**

Lire directement le résultat sur l'écran du pH-mètre.

I-2-2- Humidité :

➤ **Principe :**

La teneur en eau des produits broyés est déterminée par séchage dans une étuve réglée à 103°C pendant une heure et demie sur 5 gramme de produit (**Norme ISO721-1979**).

➤ **Mode opératoire :**

1. Lavage de bécher avec de l'eau distillée.
2. Sécher le bécher à l'étuve durant 15 minutes à 103 °C.
3. Refroidir le bécher dans le dessiccateur 30 à 45 min.
4. Dans une balance analytique, peser le bécher vide.
5. Peser dans le bécher 5 g de produit à analyser.
6. Introduire le bécher contenant la prise d'essai dans une étuve réglée à 103 °C, laisser séjourner une heure et demie.
7. Retirer rapidement le bécher de l'étuve et le placer dans le dessiccateur pendant 30 à 45 min pour refroidir, ensuite le peser.

➤ **Expression des résultats :**

$$H\% = (M_1 - M_2) / (M_1 - M_0) \times 100$$

Où :

H%: L'humidité

M₀: Masse en gramme de bécher vide

M₁ : Masse en gramme de bécher + la prise d'essai avant étuvage

M₂ : Masse en gramme de bécher + la prise d'essai après étuvage

I-2-3- Dosage des protéines totales :

Le dosage des protéines totales est réalisé par la détermination de l'azote total selon la méthode de **KJELDAHL (AFNOR, 1991)**. Le coefficient de conversion de l'azote total en protéines est de 6,25 pour les légumes sec.

Le principe de la méthode consiste à une minéralisation à chaud de la matière organique par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, une alcalinisation des produits de la réaction (sulfate d'ammonium) par la lessive de soude concentrée, une fixation de l'ammoniac entraîné par la vapeur par l'acide borique et une titration par l'acide sulfurique.

La méthode comporte les étapes suivantes :

- **La minéralisation**

Sous l'effet de la chaleur, l'acide sulfurique concentré (95 %, d = 1.83) en présence de catalyseur oxyde et détruit la matière organique, l'azote organique est transformé en sulfate d'ammonium.

- **La distillation :**

Le minéralisât est alcalinisé par la soude NaOH (10N) et l'ammoniac est libéré de son sel.

Au cours de la distillation, les molécules d'ammoniac (NH₃) libérés sont entraînés par la vapeur et fixées dans une solution de volume connu d'acide borique (4 %).

- **La titration:**

Le distillat récupéré est titré par l'acide sulfurique (0,01 N) en présence d'un indicateur coloré (rouge de méthyle). Le titrage soit complet au virage de la couleur du jaune au rose.

La teneur en azote total (N) est exprimée en g pour 100g de produit humide :

$$N = (A \times V / pe) \times 100$$

Où :

A : quantité d'azote en gramme neutralisée par 1 ml de solution de H₂SO₄ à 0.01 et est égale à 0,0014g.

V : volume en ml de H₂SO₄ versé à la titration.

pe: prise d'essai en gramme.

La teneur en protéines (P) est exprimée en pourcentage par rapport à la matière sèche :

$$P = (N \times K / 100 - H) \times 100$$

Où :

N : teneur en azote en % du produit.

K : coefficient de conversion de l'azote en protéines.

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

I-2-4- Dosage des lipides totaux :

➤ **Principe:**

L'échantillon sec est extrait à l'aide de l'éther de pétrole avec un appareil de type Soxhlet, le solvant est évaporé, l'échantillon est séché et pesé. (AFNOR, 1991)

➤ **Mode opératoire :**

1. Sécher un ballon de 500 ml à 150°C pendant 1h, refroidir au dessiccateur pendant 30min, puis peser.
2. Peser 10 g de produit dans la cartouche du Soxhlet et placer à l'intérieur de l'extracteur.
3. Verser 200 ml d'éther du pétrole dans le ballon et 50 ml dans le compartiment et cartouche.
4. Le ballon est ensuite chauffé pendant 7 h.
5. Le solvant est éliminé du ballon par distillation.
6. Le résidu du ballon est séché dans une étuve à 80°C, après refroidissement au dessiccateur pendant 30 min.
7. Le ballon contenant les lipides est pesé.

➤ **Expression des résultats :**

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = ((\text{P2} - \text{P1}) / \text{ME}) \times 100$$

Où :

P1 : poids du ballon vide (g).

P2: poids du ballon après évaporation(g).

ME : masse de la prise d'essai(g).

MG : taux de la matière grasse(%).

100: pour exprimer le pourcentage.

I-3- Elaboration du biscuit:

I-3-1- Présentation du produit élaboré :

Le produit élaboré est une forme de cookies sans gluten à base de farine de pois chiche et farine de fève (50 g/50 g). Pour cette préparation, une formule a été proposée par l'équipe de laboratoire de la biscuiterie « **BIMO** ». Les ingrédients additionnés dans la formulation de la recette sont exemptes de gluten.

➤ **Le sucre :**

Le sucre employé est acheté du marché. C'est un sucre blanc cristallisé vendu sous le nom de "Skor" de la société "CEVITAL", Bejaïa.

➤ **La matière grasse:**

La matière grasse est une margarine végétale de la marque Fleurial fabriquée par Cevital SPA-Bejaia, Algérie.

➤ **Cacao :**

Le cacao utilisé est conditionné dans une boîte de 35 gramme vendu sous le nom d'EL Amir de la société Tadj El Amir, Constantine.

➤ **levure chimique :**

La levure chimique est de marque Nouara produite par groupe SIPADES.

➤ **les pépites de chocolat :**

Les pépites ont un diamètre de 5 à 10 mm et un poids de 0,1 à 0,2 g de la marque DADA produites par la SARL CHOCODADA d'Alger.

Les quantités des ingrédients sont résumées dans le tableau n° 03.

Tableau 03 : Types et quantités des ingrédients ajoutés dans la fabrication du biscuit.

Ingrédients	Quantités (en gramme)
Farine de pois chiche	90
Farine de fève	90
Sucre	150
Margarine	150
Cacao	20
Jaune d'œuf	16
Pépites de chocolat	120
Zest de citron	7
Levure chimique	2
L'eau	6

I-3-2- Etapes d'élaboration du biscuit :

La préparation est réalisée manuellement selon les étapes suivantes :

1. Crémage :

- Cette étape consiste à fouetter le sucre et la margarine à l'aide d'un batteur électrique jusqu'à l'obtention d'une texture de pommade.
- Ajouter le jaune d'œuf et le zest de citron puis mélanger de nouveau.

2. Pétrissage :

- Ajouter les autres ingrédients (farine de pois chiche et de fève, cacao, levure chimique et l'eau)
- Mélanger bien jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.
- Ajouter les pépites de chocolat et mélanger pour bien incorporer les pépites et former une belle boule de pâte.

3. Mise en forme :

- Former des boules de 15 g.
- Répartir les boules sur une plaque recouverte d'un papier cuisson.
- Aplater chaque boule de pâte pour obtenir un disque de 1cm d'épaisseur à l'aide du dos d'une cuillère.
- Laisser de la place entre les cookies pour ne pas adhérer lors de la cuisson.

4. Cuisson :

- Enfourner les cookies pendant environ 13 min à 180°C.
- Refroidir les cookies à une température ambiante avant de les manipuler et les déguster.



Figure 05 : Cookies sans gluten à base de farine de pois chiche et de fève

La figure n° 06 montre le diagramme d'élaboration des cookies sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève à poids égal.

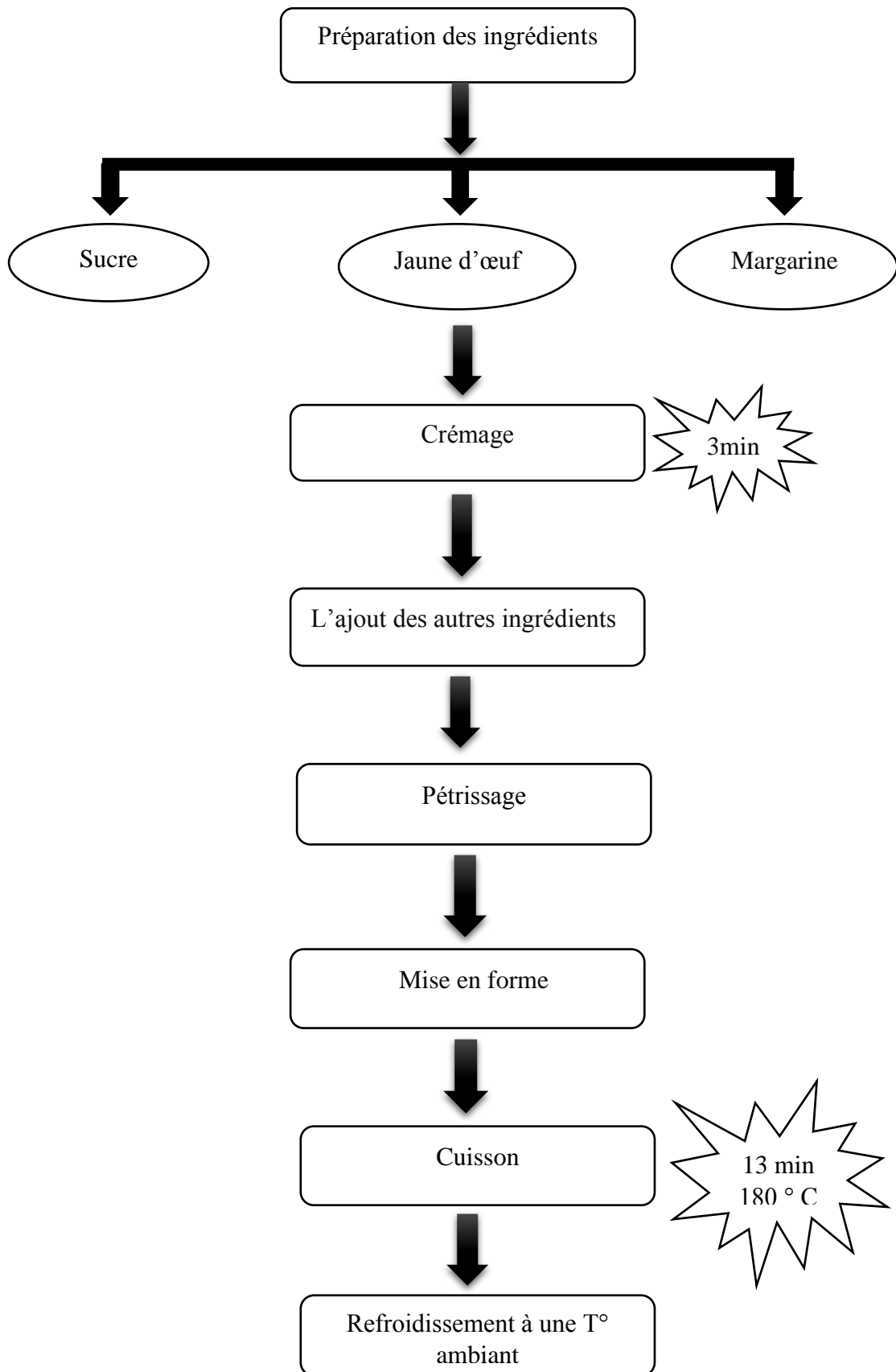


Figure 06 : Diagramme d'élaboration de cookies sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine fève.

I-4- Analyse du produit fini :

I-4-1- Analyses physico-chimiques :

Pour préparer les échantillons, nous avons broyé les cookies à l'aide d'un broyeur.

Pour le produit fini nous avons déterminé les paramètres suivants en appliquant le même protocole expérimental d'analyse de la matière première :

- Le pH
- La teneur en eau
- La teneur en protéines
- La teneur en lipides

I-4-2- Analyses organoleptiques :

L'évaluation des paramètres organoleptiques est une condition très importante pour l'acceptabilité d'un produit. L'analyse physico-chimique d'un produit est bien évidemment incontournable. Néanmoins, elle est insuffisante pour refléter ce que perçoit le consommateur sur le plan sensoriel.

L'analyse sensorielle des biscuits est faite par un test de dégustation au biais d'un jury composé de 20 personnes choisies au hasard de sexe masculin et féminin et d'âge différent (18- 53 ans). Parmi ces dégustateurs, nous notons la présence de malades cœliaques.

Pour réaliser cette analyse organoleptique, nous avons effectué un test de notation. Chaque dégustateur donne son jugement séparément des autres et apporte une note sur une fiche de dégustation (Annexe 5) comportant les critères suivants : la forme, la couleur, la texture, l'odeur et le goût.

II - Résultats et discussion.

II-1- Caractéristiques physico-chimiques des farines étudiées :

Il est bien connu que la composition des paramètres des matières premières influe significativement sur la qualité du produit fini. Les résultats de la caractérisation de certains paramètres physicochimiques des farines utilisées (farine de fève et farine du pois chiche) et de leurs mélanges sont résumés dans le tableau n° 04.

Tableau 04 : Résultats des différents paramètres physico-chimiques des farines étudiées.

Echantillon Paramètre	Farine de fève	Farine de pois chiche	Farines de Pois chiche et Fève
pH	6,65	6,75	5,82
Humidité en %	11,6	10,2	10,9
Protéines en %	30,43	22,18	23,68
Lipides en %	1,82	5,47	5,3

II-1-1- pH :

La mesure de pH d'un produit est un indicateur essentiel dans l'évaluation de sa qualité et de sa sécurité alimentaire. Les variations de pH peuvent entraîner d'importantes différences de goût, de fraîcheur et de durée de conservation (**MATALLAH, 1970**)

Les deux farines étudiées (farine de fève et farine de pois chiche) présentent des valeurs de pH qui sont respectivement de 6,65 et 6,75. Ces valeurs sont acceptables et elles sont proches de la neutralité.

Concernant la farine de mélange fève et pois chiche, nous avons remarqué une légère diminution de la valeur du pH qui est peut-être dû à une augmentation de l'acidité provoquée par l'oxydation des lipides au cours de stockage à 4 °C pendant 8 mois (Arrêt de la manipulation à cause du COVID-19).

II-1-2- Teneur en eau :

La connaissance de la teneur en eau des farines est déterminante pour leur bonne conservation en raison de leur hygroscopicité. Il est nécessaire de la diminuer jusqu'à 14 %, 12 % et 7 % selon l'utilisation (**COLAS, 1998**). En outre 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 (**GRANBVOINET et PRATX, 1994**).

CHENE (2001), a trouvé que la teneur en eau doit se situer entre 10 % et 16 % pour que la farine se conserve convenablement. Les farines de fève et du pois chiche ainsi que leurs

mélanges étudiées possèdent des teneurs qui varient entre 10,2 % et 11,6 %, ce qui permet une bonne conservation.

Le Codex Alimentarius (FAO, 1996), fixe des limites maximales d'humidité de 15 % pour la farine de fève et de 14 % pour la farine de pois chiche. Les trois farines étudiées (farine de fève et du pois chiche ainsi que leurs mélanges) présentent des valeurs au-dessous de ces limites.

La farine de fève présente une teneur en eau proche de celle trouvée par (AMMOUCHE, 2002) (11,87 %). Alors que la farine de pois chiche a un taux d'humidité de 10,2 % voisin de ceux donnés par CUQ et LEYNAUD-ROUAUD (1992) (11 % et 10 %) et corrobore avec les résultats trouvés par BENATALLAH (2009), BENKADRI (2010) et AMMOUCHE (2002) qui sont respectivement de 10,77 %, 11,13 % et 12,10 %.

II-1-3- Teneur en protéines :

Dans les légumes secs, la teneur en protéines est toujours assez élevée et varie entre 18 % et 24 % de MS, peut atteindre 30 à 35 % dans le fève et peut aller jusqu'à 45 % MS dans les graines de soja (GUEGUEN *et al.*, 1993). De ce fait, de nombreux auteurs se sont intéressés aux protéines de légumes secs comme suppléments d'aliments céréaliers (OUNANE, 1983 ; AMMOUCHE, 2002).

La teneur en protéines joue un rôle prépondérant dans l'expression de la qualité culinaire des pâtes alimentaires (DEXTER et MATSUO, 1977 ; FEILLET, 1986 ; ABECSSIS *et al.*, 1990).

Les résultats mentionnés dans le tableau n° 04 montrent que la farine de fève a une teneur en protéines de 30,43 % MS qui est relativement élevée en comparaison avec les autres farines. Cette valeur est égale à celles trouvées par SAHMOUN(1974), AMMOUR(1983), et AMMOUCHE (2002). D'autre part ce résultat est compris dans l'intervalle (23,1 % - 38,1 %) donné par MOSSE et BAUDET (1977) et nettement supérieur à celui trouvé par ELSAYED *et al.*, (1982) qui est de 24 % MS. Ces différences de taux sont possibles dues à la richesse de la variété AGUADULCE en protéines.

La farine de pois chiche présente un taux de protéines de 22,18 % MS se situant dans l'intervalle de (13,7 % - 27,2 % MS) donné par CALET (1992) et de (12,4 % - 30,6 % MS) donné par GUEGUEN et LEMARIE (1996). Tandis qu'il est nettement proche de celui établi par CUQ et LEYNAUD-ROUAUD (1992) qui est de l'ordre de 22,22 % MS.

Cependant, ce taux est inférieur à ceux rapportées par BENATALLAH (2009) et BENKADRI (2010) avec 24,88 % MS et 24,76 % MS respectivement.

Pour la farine de mélange (fève et pois chiche) ; nous remarquons une diminution en taux de protéine par rapport aux taux des farines initiales (farine de fève et farine de pois chiche). Cette différence est due à la dégradation de la matière protéique au cours de stockage pendant 8 mois.

II-1-4- Teneur en lipides totaux:

Les teneurs en lipides totaux des différentes farines utilisées sont regroupées dans le (tableau n° 04). Les farines étudiées (farine de fève, farine de pois chiche et farine du mélange) présentent des teneurs faibles en lipide variant entre 1,82 % MS et 5,47 % MS. Ce qui favorise leur stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

La farine de fève présente la teneur la plus faible en lipides qui est de 1,82 % MS cette valeur est en accord avec celle établie par **AMMOUCHE(2002)**.

Concernant la farine de pois chiche, sa teneur en lipides est de 5,47 % MS. Elle est voisine de celles rapportées par **SCHAKEL *et al.*, (2004)**, **CUQ** et **LEYNAUD- ROUAUD (1992)** qui sont de 5,56 % - 6,68 % MS et supérieure à celles trouvées par **BENATALLAH (2009)** et **BENKADRI (2010)**, avec 2,21 % MS et 3,45 % MS respectivement.

II-2- Caractérisation physicochimique du biscuit élaboré :

Les résultats enregistrés pour les analyses physicochimiques du biscuit élaboré (cookies) sont présentés dans le tableau n° 05.

Tableau 05 : Résultats des analyses physicochimiques du produits fini « Cookies »

Paramètres Echantillon	pH	Humidité en %	Protéines en %	Lipides en %
Cookies	6,75	2,09	20,81	8,5

II-2-1- PH

D'après les résultats donnés dans le tableau n° 05, nous constatons que le PH du produit élaboré (cookies) (6,75) est proche de la norme recommandée (max 7,5).

II-2-2- Teneur en eau :

La teneur en eau du produit élaboré est inférieure à la valeur maximale de norme recommandée (5 %).

Nous avons remarqué aussi une différence très significative entre la teneur en eau de la farine de mélange (pois chiche et fève) et celle du produit fini (10,22 % à 2,09 %), Ce qui

est dû aux conditions de cuisson (la température de cuisson). Cette faible teneur en eau favorise une bonne conservation du produit fini « cookies ».

II-2-3- Teneur en protéines :

Le produit élaboré « cookies » présente une légère diminution de la teneur en protéines passant de 23,68 % MS à 20,81 % MS, cette diminution est justifiée par la dénaturation (gélatinisation) des protéines au cours de la cuisson sous l'effet d'une haute température (180°C) puisque à partir de 40 °C, les protéines commencent à dénaturer.

Les protéines jouent un rôle important dans la réaction de brunissement non-enzymatique. Cela peut être la raison de la diminution de la teneur en protéines au cours de la cuisson (AIT AMEUR, 2006).

II-2-4- Teneur en lipides totaux :

La teneur en lipide du biscuit montre une augmentation très significative qui passe de 5,3 % MS à 8,5 % MS ceci est dû à l'ajout de la matière grasse végétale (margarine) au cours de sa préparation. L'ajout de la matière grasse dans la recette de préparation contribue à l'amélioration de la qualité gustative des biscuits.

Cette forte teneur en matières grasses confère aux biscuits un fort potentiel calorifique et contribue à l'amélioration de sa qualité nutritionnelle (SAADOUDI, 2019).

II-3- Résultats de l'analyse sensorielle :

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale du biscuit.

A travers les notes attribuées aux différents dégustateurs, nous avons pu tracer le profil sensoriel du biscuit élaboré (Figure 07).

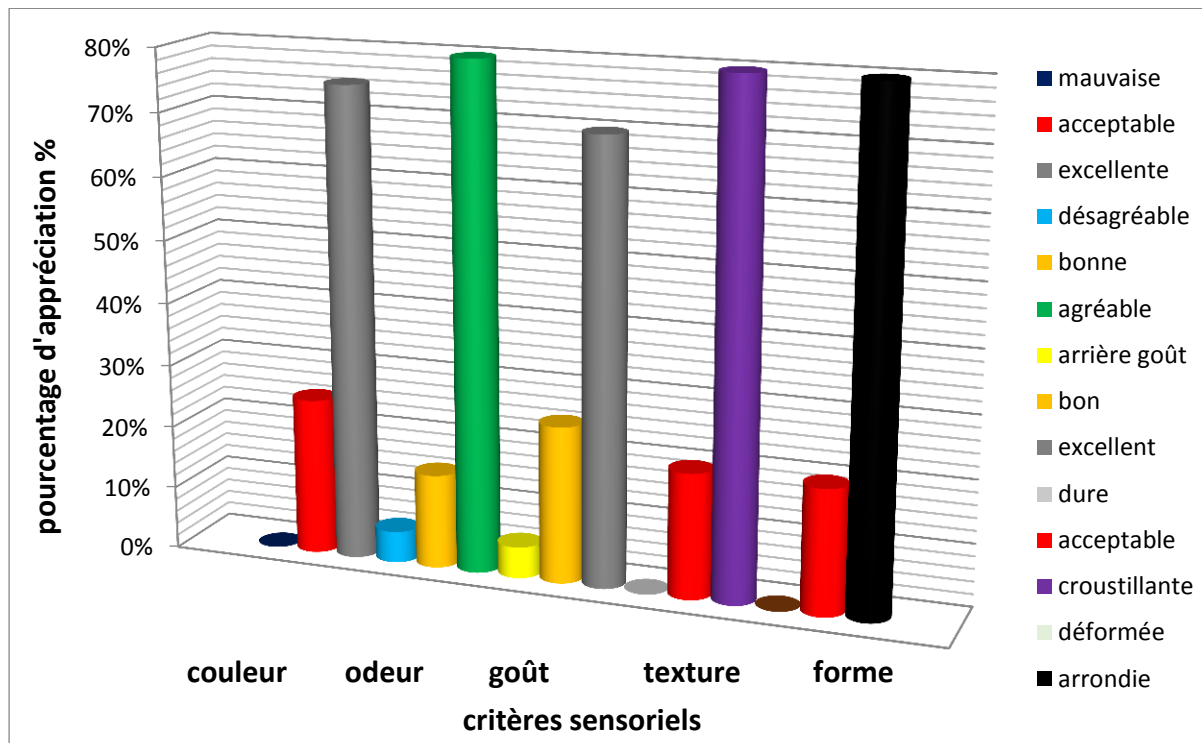


Figure 07 : Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini « Cookies ».

II-3-1- La couleur :

La couleur est le premier paramètre à évaluer sachant que l'observateur lui accorde une grande importance et ceci pour apprécier la qualité et la fraîcheur d'un produit (**LARA et al., 2011**).

A partir des résultats obtenus, nous remarquons que le critère couleur a été jugé excellent par l'ensemble des dégustateurs avec un taux de 75 %.

Le développement de la couleur est influencé par la réaction de **Maillard** c'est-à-dire que la réaction entre les sucres et les protéines du produit lors de la cuisson se traduit par une couleur brune. Ce développement dépend également du temps, de la température de cuisson et de l'humidité dans le four (**SINGH et al., 1993**).

En outre, le sucre joue un rôle important dans le développement de la couleur de biscuit pendant la cuisson, sa caramélisation à une température supérieure à 149° C donne la couleur recherchée de la face extérieure (**MENARD et al., 1992**).

II-3-2- L'odeur :

L'odeur possède un impact considérable sur l'appréciation finale du produit fini, 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 (**FELLOWS, 2000**).

Les résultats obtenus désignent que l'odeur est jugée « Agréable » par l'ensemble des dégustateurs avec un pourcentage très élevé qui est de 80 %.

II-3-3- La texture :

La texture du biscuit élaboré (cookies) est qualifiée de « croustillante » par l'ensemble des dégustateurs (80 %), elle est influencée par les ingrédients appliqués dans la formulation du biscuit, il s'agit principalement du sucre qui agit en tant qu'agent durcissant en se cristallisant pendant le refroidissement du biscuit ce qui rend le produit croustillant (MENARD *et al.*, 1992).

II-3-4- La forme :

La forme est un paramètre indispensable à l'admissibilité et à l'évaluation d'un point de vue générale de l'apparence du produit fini. D'après les résultats mentionnés nous constatons que la forme est qualifiée d'« Arrondie » par la majorité des dégustateurs avec un pourcentage de 85 %.

II-3-5- Le goût :

Le goût est un paramètre essentiel pour l'évaluation de la qualité gustative du biscuit, il dépend principalement des ingrédients entrants dans la préparation. Les ingrédients ayant la plus forte influence sont la farine, la matière sucrante et la matière grasse (FELLOWS, 2000).

A partir des résultats obtenus nous remarquons que le critère goût est jugé « Excellent » par l'ensemble de dégustateurs avec un pourcentage de 70 %.

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'objectif de ce travail est l'élaboration d'un biscuit « cookies » sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève destinés aux malades cœliaques algériens.

Cette étude a permis de mettre en évidence la valorisation de deux légumineuses cultivées en Algérie la fève et le pois chiche, par leur transformation en farines. 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.

Les analyses physico-chimiques de la matière première montrent que les farines utilisées présentent un faible taux d'humidité ce qui leur confère une longue durée de conservation, une teneur en protéines élevée et une faible teneur lipidique ce qui favorise un stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

La farine de pois chiche présente une teneur en lipide de l'ordre de 5,47 % MS, une teneur en protéine de 22,18 % MS et un pH proche de la neutralité (6,75). Alors que la farine de fève donne une teneur élevée en protéine (30,43 % MS), un taux en lipide d'ordre 1,82 % MS et un pH proche de la neutralité (6,65).

Concernant la farine du mélange (farine de fève et farine du pois chiche), nous remarquons une diminution de pH due à une augmentation de l'acidité au cours de stockage pendant 8 mois (Arrêt des manipulations à cause du COVID 19) et une diminution de la teneur en protéines par rapport aux farines initiales (farine de fève et farine de pois chiche) due à la dégradation de la matière protéique au cours de stockage.

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. 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. Il s'agit principalement de la réaction de Maillard et les réactions de dénaturation des protéines (gélatinisation).

Le profil sensoriel montre que les cookies élaborés présentent une bonne qualité organoleptique, caractérisée par une couleur excellente (75 %), une odeur agréable (80 %), une forme arrondie (80 %), une texture croustillante (80 %) et un excellent goût (70 %).

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

- La détermination des autres caractéristiques physico-chimiques (teneur en cendre, teneur en amidon, et teneur en acide phytique).
- Etude de la faisabilité d'autres rapports de pois chiche, fève.
- Elaboration des produits diététiques à base de farine de pois chiche et de fève tels que le pain, les pâtes alimentaires ...
- 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.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

A

ABECSSIS, 1990. Changes in somolina proteins during spaghetti processing. *Cereal chem*, 54 : 882-894 p.

ADRIAN J., LEGRAND G., FRANGNE R. 1981. Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. Technique et Documentation, Lavoisier, 2ème édition, Paris, 233 p.

AFNOR, 1991. Recueil de normes- contrôle de la qualité des produits alimentaires céréales et produits céréaliers. AFNOR/DGCCRF. 3ème édition. Paris, 360 p.

AIT AMEUR 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. Thèse Doctorat en Chimie analytique. Institut National Agronomique, Paris, Grignon, 207 p.

ALI S. A., TAYYAB H., SHEIKH R. 2008. Assochyta blight of chickpea : Production of phytotoxins and disease management .*Biotechnology advances*. 26(6) :511-515 p.

AMIR Y., HAENNIB A.L., ANON A. 2006. Physical and biochemical differences in the composition of the seeds of Algerian leguminous crops. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 466–471p.

AMMOUCHE Z., 2002. Etude biochimique de la valeur nutritive de quelques légumineuses (Fève, Féverole et Pois chiche) : possibilité d'incorporation dans les produits céréalier. Thèse Magister. INA, EL HARRACH, ALGER.

AMMOUR A., 1983. Contribution à l'étude des protéines de grains de quelques espèces de légumineuses comestibles cultivées en Algérie. Mem .Ing. INA EL HARRACH. Ann. technol. Agric, 27: 695-713 p.

ASSIFAOU A., CHAMPION D., CHIOTELLI E., VEREL A. 2006. Characterization of water mobility in biscuit dough using a low-field H NMR technique. *Carbohydrate Polymers*, 64: 197-204p.

B

BAUMGARTNER A. 1998. La viande des pauvres. *Tabula*, 3 : 16-19p.

BENATALLAH L., 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 cœliaque: fabrication de farine-biscuit sans gluten. Thèse de Magister en science alimentaire. Option : Biochimie et Technologies alimentaires. I.N.A.T.A.A. Université Mentouri-Constantine, 88 p.

BICHON SAFRANE L. 1991. Place légumes secs dans l'alimentation et l'équilibre nutritionnel des français aujourd'hui ,10 : 305-312p.

BOURRILLON A. 2000. Collection pour le praticien. Pédiatrie. 3ème édition, Masson, Paris, 618 p.

BOURSIER B. 2005. Amidons natifs et amidons modifiés alimentaire. Techniques de l'ingénieur, Paris, n° 4690. 1 – 22p.

BUTCHER G.P. 2003. Gastroenterology. Churchill Livingstone Edition, UK, 119 p.

C

CALET C., 1992. Les légumes secs, apport protidique. Cah. Nut.Diet, 2: 99-108 p.

CEGARRA M. 2006. Le régime sans gluten : difficultés du suivi Archives de pédiatrie, 13 :576-578.

CELLIER C. 2006. Actualités sur la maladie cœliaque. Colloque Interface Gastro-Rhumato, Hôpital Européen George Pompidou, Faculté Paris V, INSERM EMI, Paris, 02 décembre, 35 p.

CHAIEB N, BOUSLAMA M, Mars M. 2011. Growth and yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. J. Nat. Prod. Plant Resour. 1 (2) : 81-90p.

CHENE, 2001.La farine. Journal de l'ADRIANOR, 26 : C.3-C.8 p.

CLOT F., BABRON M. C., CLERGET-DARPOUX F., 2001. La génétique de la maladie cœliaque. Médecine thérapeutique/Pédiatrie, 4 : 263-267p.

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.

CREPON K., MARGET P., PEYRONNET C., CARROUEE B., ARESE P., DUC G. 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. Field Crops Research.115 : 329-339p.

CRONIN K. PREIS C. 2000. A statistical analysis of biscuit physical properties as affected by baking. Journal of Food Engineering. 46: 217-225. Agronomique, Paris – Grignon, 207 p.

CRONIN K., RREIS C. 2000. A Statistical Analysis of Biscuit Physical Properties as Affected by Baking. Journal of Food Engineering, 46: 217-225p.

CUQ J. L., LEYNAUD-ROUAUD C. 1992. Les graines de légumineuse. In, DUPIN H., CUQ J. L., MALEWIAK M. I., LEYNAUD- ROUAUD C. Alimentation et nutrition humaine. ESF. Paris : 941-961. 1533 p.

D

DELCOUR J. A., BRUNEEL C., DERDE L. J., GOMAND S. V., PAREYT B., PUTSEYS A., WILDERJANS E., LAMBERTS L. 2010. Fate of Starch in Food Processing: From Raw Materials to Final Food Products. Rev. Food Sci. Technol. 1: 87-111p.

DENERY-PAPINI S., POPINEAU Y., GUEGUEN J. 2001 Implication des protéines de céréales dans la maladie cœliaque, 36 : 43-51p.

DEXTER et MATSUO, 1977. Changes in semouline proteins during spaghetti processing. *Cereal chem*, 54 (4): 882-894 p.

E

EL SAYED M., HEGAZY A., 1982. Effect of germination on the carbohydrate protein and amino acid contents of broad beans. *ZEITSCHFT fur emhrungswssenschait*, band 13, heft 4, 200-203 p.

F

FAO. 1982. Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. FAO. Alimentation et nutrition 20. Rome. 152 p.

FAO, 1996. Codex Alimentarius : Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales. FAO. Vol 7. 2^{ème} édition. Rome, 164 p.

FARRELL R. J., KELLY C. P. 2002. Celiac sprue. *New England Journal of Medicine*, 346(3), 180-188 p.

FEILLET P., 1986. L'industrie des pâtes alimentaires : technologie de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières. *Ind .Agro, Ali*, 979-989 p.

FEILLET P. 2000. Les grains de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.

FELLOWS P. 2000. Food Processing Technology Principles and Practice. 2nd Edition. Woodhead Publishing, Cambridge England. 575 p.

FUSTIER P.J. 2006. Influence des fractions de mouture de blé tendre 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

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, Academic press, Elsevier, 321-341p.

GRANDVOINET et PRATX, 1994. Farines et mixes. In : la panification française.

GUEGUEN J., LEMARIE J., 1996. Composition, structure et propriétés physicochimiques des protéines de légumineuses et d'oléagineuses. In : *Protéines végétales*. GODON B. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 657p.

GUEGUEN J., SUBIRADE M., BARBOT J., SCHEWENKE K.D., 1993. Influence of the dissociation on the surface of behaviors of oligomeric seed storage proteins: the example of pea legumin .Actes du 4^{ème} symposium In « Food proteins structure fonctionality relationships ». ed. Schwenke K.D., Mother, Weinheil V.C .H., 281-289 p.

GUINET R., GODON B., 1994. La Panification française. Science et techniques Agro-Alimentaires. Lavoisier, Tec et Doc, Paris, 534p.

H

HOFFENBERG E.J., HAAS J., DRESCHER A. et al. 2000. A trial in children with newly diagnosed celiac disease. *J Pediatr*, 137: 361-366p.

HU F. B. 2003. Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: an overview. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3 Suppl), 544S-551p.

HUDA S., SIDDIQUE N. A., KHATUN N., RAHMAN M. H., MORSHED M. 2003. Regeneration of shoot from cotyledon derived callus of Chickpea. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(15) : 1310-1313p.

I

ISO 721-1979. Provides representation of 7-bit coded character set on punched tape 25,4 mm (1 in) in width. Applicable in conjunction with ISO 646, 1154, 17

J

JACOBS D. R., GALLAHER D. D. 2004. Whole grain intake and cardiovascular disease: a review. *Current Atherosclerosis Reports*, 6(6), 415-23p.

JUKANTI A., GAUR C., GOWDA A., CHIBBAR R. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*cicer arietinum*) : a review. *British Journal of Nutrition*, 108(1) : 11-26P.

K

KEMPPAINEN T., HEIKKINEN M., RISTIKANKARE M., KOSMA V.M., JULKUNEN R. 2009. Effect of unkilned and large amounts of oats on nutritional state of celiac patients in remission. *The European Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 4: 30-34p.

KEREM Z., LEV-YADUM S., GOPHER A., WEINBERG P., ABBO S. 2007. Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective. *Journal of Archaeological Science*, 34(8) :1289-1293p.

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.

KÖPKE U., NEMECEK T. 2010. Ecological services of faba bean. *Field Crops Research*. 115p.

L

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, 622-630p.

LARRALDE J., MARTINEZ J.A. 1991. Nutritional value of faba bean: effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. *Options Méditerranéennes*. No. 10: 111-117p.

LARRALDE J., MARTINEZ J.A. 1991. Nutritionnal value of faba bean : effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. Department de physiologie animale et nutrition.université de Navarra, Espagne.séminaire 10 :111-117p.

LIENER I. E. 1962. Toxic factors in edible legumes and their elimination. *American Journal for Clin Nutrition*, 1, 281-98p.

LUDVIGSSON J. F., LEFFLER D. A., BAI J. C., BIAGI F., FASANO A., GREEN P. H., HADJIVASSILIOU M., KAUKINEN K., KELLY C. P., LEONARD J. N. 2013. The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*, 62(1), 43-52p.

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: 23-42p.

MALOUMBA P., JANAS S., DEROANNE C., MASIMANGO T., BERA F. 2011. Structure de l'amidon de maïs et principaux phénomènes impliqués dans sa modification thermique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(2), 315-326p.

MANOHARR S., RAO P-H., 2002. Interrelation ship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *Food Research International*, 35: 807-813p.

MANSOUR R. H., 1996. Biological and chemical evaluation of chickpea seed proteins as affected by germination, extraction and amylase traitement .*Plant foods for Human Nutrition* ,49 : 271-282p.

MATALLAH M., 1970. Contribution à la valorisation de la datte algérienne. *Mem. Ing. INA, EL Harrach,Alger*,113p.

MATUCHANSKY C., ROUSSEAU S., MORIN M. C. 2004. Maladie cœliaque de l'adulte : Actualités du régime sans gluten, 39 : 311-317p.

MENARD G., EMOND S., SEGIN R., BOLDUC R., BOUDREAU A., MARCOUS D., PAINCHAUD M., POIRIER D. 1992. La biscuiterie industrielle. Le blé : éléments fondamentaux et transformation. *Les presses de l'université Laval. Sainte-Foy. Canada* : 287-348. 439 p.

MOHTADJI-LAMBALLAIS C. 1989. *Les aliments*. Editions Maloine Paris, 203 p.

MOSSE J., BAUDET J., 1977. Relationship between amino acide composition and nitrogen contents of broad bean seed. IN "protein quality from leguminous cros", 5686: 48-57 p.

N

NDIFE J., ABDULRAHEEM L., ZAKARI U. 2011. Evaluation of the nutritional and sensory quality of functional breads produced from whole wheat and soya bean flour blends. *African Journal of Food Science*, 5(8), 466-472p.

NUESSLY GS., HENTZ MG., BEIRIGER R., SCULLY BT. 2004. Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida entomologist*. 87 (2): 204-211p.

O

OUNANE G., 1983. Fabrication des pâtes alimentaires supplémentées avec la farine de pois chiche : Etude biochimique, technologique et valeur nutritionnelle. Thèse de Magistère .INA, Alger, 138p.

P

PIHLANTO, A., KORHONEN H. 2003. Bioactive peptides and proteins." *Advances in Food and Nutrition Research*, 47, 175-276p.

PLANCQUAERT PH., WERY J. 1991 Le pois chiche : culture, utilisation, publications sur les protéagineux. Edition 1991. ITCF. Paris. 12p.

PNNS. 2007. Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides Etapes 1 et 2 du mandat.

PRATA P., KUMAR J. 2011. Biology and breeding of food legumes, Centre for Agriculture and Biosciences International, 432p.

S

SAADOUDI M., 2019. Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits alimentaires à base de fruit du Lotus L. Thèse du doctorat, option Qualité et Sécurité Alimentaire, Université BATNA 1-Hadj Lakhdar, 87p.

SAHMOUN M., 1974. Etude analytique des fèves et fêveroles avec possibilité d'addition dans un aliment composé. Mem. Ing. INA.EL-HARRACH.

SANJEEWA W. T., WANASUNDARA J. P., PIETRASIK Z., SHAND P. J. 2010. Characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flours and application in low-fat pork bologna as a model system." *Food Research International*, 43(2), 617-626p.

SCHAKEL S.F., VAN HEEL N., HARNACK J., 2004. Appendix 1. Grain composition table. In *Encyclopedia of Grain Science*. Editors: WRIGLEY, C., CORKE, H., WALKER, E.C. Edition: Elsevier. Volume 3. 441p.

SCHMITZ J. 2007. Le régime sans gluten chez l'enfant. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 20 : 337-344p.

SINGH J., 1993.Influence of heat treatment of milk and incubation temperatures on *S treptococcus thermophilus* and *Lactobacillus acidophilus*. *Milchwissenschaft*, 38 : 347-348 p.

T

THARANATHAN R., MAHADEVAMMA S. 2003. Grain legumes a boon to human nutrition." *Trends in Food Science & Technology*, 14(12), 507-518p.

THARRAULT J. F., 1997. Qualité biscuitière des farines de blé tendre: des blés biscuitiers pour une bonne maîtrise de la texture des biscuits. Paris. 819 p.

THOMPSON T. 2008. The gluten-free nutrition guide. Mc Graw-Hill Edition, USA, 245 p.

BENATALLA H. 2009. Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat d'état en science. Spécialité : Sciences Alimentaires. INATAA.

TRINIDAD T. P., MALLILLIN A. C., LOYOLA A. S., SAGUM R .S., ENCABO R. R. 2010. The potential health benefits of legumes as a food source of dietary fibre. British Journal of Nutrition, 103(04) : 569-574p.

V

VAHEDI K., MASCART F., MARY JY., LABERENNE JE., BOUHNİK Y., MORIN MC. 2001. Reliability of anti transglutaminase antibodies as predictors of gluten-free diet compliance in adult celiac disease. Am J Gastroenterology ; 98 : 1079-87p.

W

WANG H.F., ZONG X.X., GUAN J.P., YANG T., SUN X.L., Ma Y., REDDEN R. 2012. Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. Theor Appl Genet. 124: 789-797p.

Z

ZHOU K., SLAVIN M., LUTTERODT H., WHENT M., ESKINZ M., YU L. 2013. Cereals and legumes: Biochemistry of Foods. Elsevier, 46p.

Annexes

Tableau 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 Fécule 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 : fécule 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 surgelées. Autres préparations à base de pommes de terre (traiteur, surgelées 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.

Tableau 01 (suite) : Aliments autorisés et aliments interdits dans le régime sans gluten (CEGARRA, 2006).

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 industrielle 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.	



Etape 01: Triage manuel.



Etape 02 : Décortilage.



Etape 03 : Broyage.



Etape 04 : Tamisage



Etape 04 : Conditionnement.

Figure 01 : Différentes opérations de préparation de farine de fève.

Analyse physico-chimique



Figure 01 : Détermination de pH.

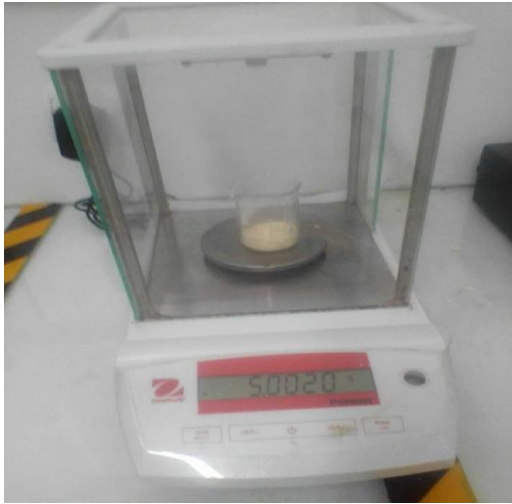


Figure 02 : Détermination de l'humidité.

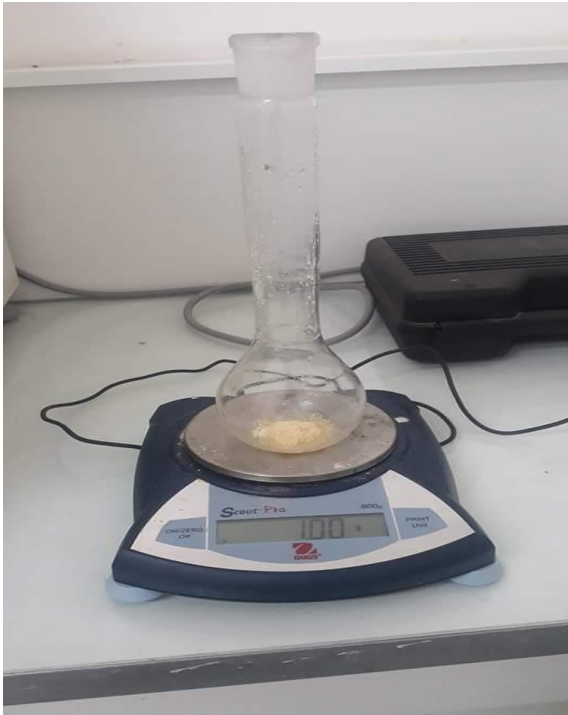


Figure 03 : Détermination de la teneur en protéines.



Figure 01 : Etapes de l'élaboration de produit fini « Cookies ».

Université Akli Mohand Oulhadj
Département SNV
Test de dégustation septembre 2020

Fiche de profil sensoriel du produit élaboré :

Age :

Nom et prénom :

Sexe : homme femme

Comment trouvez-vous ce produit ?

Couleur :

1	2	3
Mauvaise	Acceptable	Excellente

Odeur :

1	2	3
Désagréable	Bonne	Agréable

Goût :

1	2	3
Arrière-goût	Bon	Excellent

Texture :

1	2	3
Dure	Acceptable	Croustillante

Forme :

1	2	3
Déformée	Acceptable	Arrondie

Tableau 01 : Résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique des cookies.

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

Résumé :

Notre travail consiste à l'élaboration d'un biscuit (cookies) sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève afin d'améliorer et de diversifier la situation alimentaire des malades cœliaques algériens.

Cette étude a permis de mettre en évidence une valorisation de deux légumineuses cultivées en Algérie la fève et le pois chiche, par leur transformation en farine. 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.

Les analyses physico- chimiques effectuées montrent que les matières premières et le produit fini sont de bonne qualité. En effet, l'analyse sensorielle réalisée a montré que les biscuits élaborés (cookies) sont bien appréciés par les dégustateurs et possèdent une meilleure caractéristique organoleptique. Ces résultats restent préliminaires méritent d'être suivis par d'autres travaux afin de créer une formule qui répond aux exigences des malades cœliaques.

Mots clés: Malades cœliaques, biscuit, fève, pois chiche, richesse nutritionnelle, analyses physico-chimiques, caractéristique organoleptique, formule.

Summary:

Our work consists of elaboration a gluten-free cookie (cookies) based on chickpea flour and bean flour to improve and diversify the food situation of Algerian celiac patients.

This study highlighted the value of two legumes grown in Algeria, beans and chickpeas, by their processing into flour. The choice of the raw material is due on the one hand to the nutritional richness of these varieties especially in proteins and on the other hand to their availability and their low cost.

The physico-chemical analyses carried out show that the raw materials and the finished product are of good quality. Indeed, the sensory analysis carried out showed that the processed cookies (cookies) are well appreciated by the tasters and have a better organoleptic characteristic. These results remain preliminary and deserve to be followed by other work to create a formula that meets the requirements of celiac patients.

Keywords: Celiac patients, biscuit, bean, chickpeas, nutritional richness, physico-chemical analysis, organoleptic characteristic, formula.

ملخص :

تمثل عملنا في تحضير بسكويت خالي من الغلوتين (كوكيز) بدقيق الحمص ودقيق الفول وذلك لتحسين وتنوع غذاء مرضى السيلياك الجزائريين. هذه الدراسة أبرزت قيمة اثنين من البقوليات المزروعة في الجزائر وهما الفول والحمص و ذلك بتحويلها الى دقيق. يرجع اختيار المادة الاولية من ناحية الى الثراء الغذائي لهذا الاصناف خاصة بالبروتينات ومن ناحية اخرى الى توفرها وانخفاض تكلفتها. وقد بينت التحليل الفيزيائية والكيميائية التي اجريت ان المواد الاولية والمنتج النهائي ذو نوعية جيدة , في حين أظهر التحليل الحسي من قبل الذين تذوقوا البسكويت انه جيد وله خصائص حسية جيدة. تظل هذه النتائج أولية وتستحق أن تليها أعمال أخرى لخلق صيغة تلي متطلبات مرضى السيلياك.

كلمات مفتاحية : مرضى السيلياك، البسكويت، الفول، الحمص، الثراء الغذائي، التحليل الفيزيائي الكيميائي، خاصية حسية، الصيغة