

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.AGR/2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine: SNV Filière: Sciences Alimentaire

Spécialité: Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par:

MELOUK Fatima

Thème

Valorisation de deux espèces de légumineuses stockées
(Pois chiche et Fève).

Soutenu le:

Devant le jury composé de:

Nom et Prénom

Grade

Mme MAHDI K.

MCA

Univ. de Bouira

Présidente

Mme AMMOUCHE Z.

MAA

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme AGRANE S.

MAA

Univ. de Bouira

Co-Promotrice

Mme FERHOUM F.

MCA

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord, je remercie DIEU, le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté de terminer ce travail; Al-Hamdu li Allah.

En préambule, j'adresse mes vifs remerciements aux personnes qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation et la rédaction de ce mémoire.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame AMMOUCHE Z. et Madame AGRANE S. pour leur suivi, leur énorme soutien et le temps qu'elles m'ont consacré. Je les remercie de m'avoir encadrés, orientés, aidés et conseillés.

J'adresse aussi mes remerciements les plus sincères à tous les membres de jury:

A Madame MAHDI K. maître de conférence et enseignante à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'UAMOB, qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

A Madame FERHOUM. F. enseignante à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'UAMOB, qui a bien aimablement accepté d'examiner ce modeste travail.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de laboratoire de chimie du département des Sciences Technologiques Madame HAMANI S. et Monsieur AMMOUCHE A. de l'Université de Bouira, pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

J'adresse également mes sincères remerciements à tous les enseignants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de répondre à mes questions durant toutes mes recherches.

Merci à tous

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut, tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, le respect, la reconnaissance, aussi tous simplement que je dédie ce travail:

A ma chère famille :

*À mon père, **MELOUK Aissa**, l'homme respectueux et dévoué qui m'a comblé de ses bienfaits et m'a inculqué les principes moraux et mondains d'une vie équilibré, Ton honnêteté, ton ardeur dans le travail, et tes grandes qualités humaines font de toi un exemple à suivre.*

*À ma mère, **MELOUK Yamina**, aucune parole ne peut être dite à sa juste valeur pour exprimer mon amour, mon attachement à toi, tu m'as toujours donné de la force, de l'énergie, de l'amour, sachant que tout ce que je pourrais faire ou dire ne pourrait égaler ce que tu m'as donné et fait pour moi.*

Que se travail soit l'exaucement de tes vœux et les fruits de vos innombrables sacrifices consentis pour mes études et mon éducation. C'est votre réussite avant d'être la mienne, puisse dieu le puissant vous protéger et vous accorder la santé le bonheur et une longue vie.

*A mes chères sœur **Souad** et **Hayet** vous étiez toujours la source de force, de joie et de tendresse, merci pour tout le soutien moral et physique que vous m'avez contribué pour la réalisation de ce travaux.*

*A des personnes très chères à mon cœur, **Besma, Katia, Nesrine, Soraya kawther** et **chiraz**, Je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien continu dont vous m'avais toujours fait preuve. Vous m'avais toujours encouragé, incité à faire de mon mieux. Je vous dédie ce travail avec mes vœux de réussite, de prospérité et de bonheur.*

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I: Synthèse bibliographique

| | | |
|------------|---|----|
| I.1. | Légumineuses..... | 4 |
| I.1.1. | Généralités..... | 4 |
| I.1.2. | Importance agronomique et alimentaire des légumineuses..... | 5 |
| I.1.3. | Composition biochimique des graines des légumineuses..... | 5 |
| I.1.3.1. | Protéines..... | 6 |
| I.1.3.2. | Lipides..... | 6 |
| I.1.3.3. | Glucides..... | 7 |
| I.1.3.4. | Vitamines et éléments minéraux..... | 7 |
| I.1.3.5. | Pois chiche..... | 7 |
| I.1.3.5.1. | Composition biochimique et valeur nutritionnelle..... | 9 |
| I.1.3.6. | Fève..... | 9 |
| I.1.3.6.1. | Composition biochimique et valeur nutritionnelle..... | 10 |
| I.2. | Technologie biscuitière..... | 11 |
| I.2.1. | Définition d'un biscuit..... | 11 |
| I.2.1. | Classification des biscuits..... | 11 |
| I.2.2. | Principaux ingrédients ajoutés et leurs effets..... | 12 |
| I.2.2.1. | Farine..... | 12 |
| I.2.2.2. | Matière grasse..... | 13 |

Table des matières

| | |
|---|----|
| I.2.2.3. Sucre..... | 13 |
| I.2.2.4. Autres ingrédients | 13 |
| I.2.2.4.1. Eau | 13 |
| I.2.2.4.2. Levure chimique | 13 |
| I.2.2.4.3. Œuf | 13 |
| I.2.3. Diagramme de fabrication | 14 |
| I.2.3.1. Préparation de la pâte et pétrissage | 14 |
| I.2.3.2. Mise en forme (façonnage) | 14 |
| I.2.3.3. Cuisson | 14 |
| I.2.3.4. Refroidissement..... | 15 |
| I.3. Stockage des légumineuses | 15 |
| I.3.1. Définition..... | 15 |
| I.3.2. Types de stockage..... | 15 |
| I.3.2.1. Stockage traditionnel..... | 15 |
| I.3.2.2. Stockage en sac | 16 |
| I.3.2.3. Stockage en vrac..... | 16 |
| I.3.2.4. Stockage en silos | 16 |
| I.3.3. Facteurs de détérioration des produits stockés | 16 |
| I.3.3.1. Teneur en humidité (facteurs physico-chimiques) | 16 |
| I.3.3.2. Température (facteurs physico-chimiques) | 17 |
| I.3.3.3. Insectes (facteurs biologiques)..... | 17 |
| I.3.4. Effet de stockage sur la dégradation de la composition biochimique | 17 |
| I.3.4.1. Dégradation des lipides | 18 |
| I.3.4.2. Dégradation des protéines | 18 |
| I.3.4.3. Dégradation des glucides | 18 |
| I.3.4.4. Insectes nuisibles des légumineuses (pois chiche et fève) | 18 |

Table des matières

| | |
|---|----|
| I.3.4.4.1. Bruche de pois chiche | 19 |
| I.3.4.4.1.1. Description de <i>Callosobruchus maculatus</i> | 19 |
| I.3.4.4.1.2. Dégâts causés par <i>C. maculatus</i> | 20 |
| I.3.4.5. Bruche de fève | 20 |
| I.3.4.5.1. Description de <i>Bruchus rufimanus</i> | 20 |
| I.3.4.5.2. Dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> | 21 |
| I.3.4.5.3. Méthodes de lutte contre <i>Callosobruchus maculatus</i> et <i>Bruchus rufimanus</i> | 21 |
| I.3.4.5.4. Lutte préventive | 22 |
| I.3.4.5.5. Lutte chimique | 22 |
| I.3.4.5.6. Lutte physique | 22 |
| I.3.4.5.7. Lutte biologique | 23 |
| I.3.5. Effet de stockage sur la valeur nutritionnelle (Impact des insectes de stock)..... | 23 |
| I.3.5.1. Perte de poids..... | 23 |
| I.3.5.2. Perte de qualité et de valeur marchande | 23 |
| I.3.5.3. Formation de moisissures en milieu mal ventilé | 23 |
| I.3.5.4. Diminution de la faculté de germination des semences..... | 24 |
| I.3.5.5. Perte de valeur nutritive | 24 |

Chapitre II: Matériel et méthodes

| | |
|--|----|
| II.1. Origine de la matière première | 26 |
| II.1.1. Matériel végétal..... | 26 |
| II.1.2. Caractéristiques des légumes secs utilisés | 26 |
| II.1.3. Préparation de farines..... | 26 |
| II.2. Analyses physico-chimiques | 28 |
| II.2.1. PH | 28 |
| II.2.2. Humidité | 28 |
| II.2.3. Taux de cendre | 29 |

Table des matières

| | | |
|---------|---------------------------------------|----|
| II.2.4. | Dosage des lipides totaux..... | 30 |
| II.2.5. | Dosage des protéines..... | 31 |
| II.2.6. | Acidité grasse..... | 32 |
| II.3. | Elaboration des cookies..... | 33 |
| II.3.1. | Présentation du produit..... | 33 |
| II.3.2. | Etapas d'élaboration des cookies..... | 34 |

Chapitre III: Résultats et discussion

| | | |
|----------|--|----|
| III.1. | Analyses physico-chimiques des farines..... | 37 |
| III.1.1. | PH..... | 37 |
| III.1.2. | Humidité (Teneur en eau)..... | 37 |
| III.1.3. | Taux de cendre..... | 38 |
| III.1.4. | Teneur en protéines..... | 38 |
| III.1.5. | Teneur en lipides totaux..... | 39 |
| III.1.6. | L'acidité grasse..... | 40 |
| III.2. | Analyses physico-chimiques du biscuit élaboré..... | 40 |
| III.2.1. | PH..... | 40 |
| III.2.2. | Humidité (Teneur en eau)..... | 41 |
| III.2.3. | Taux de cendre..... | 41 |
| III.2.4. | Teneur en protéines..... | 41 |
| III.2.5. | Teneur en lipides totaux..... | 41 |
| III.2.6. | Acidité grasse..... | 42 |
| III.3. | Résultats de l'analyse sensorielle..... | 42 |
| III.3.1. | Couleur..... | 43 |
| III.3.2. | Odeur..... | 43 |
| III.3.3. | Goût..... | 43 |
| III.3.4. | Texture..... | 44 |

Table des matières

| | |
|-----------------------------------|----|
| III.3.5. Forme..... | 44 |
| Conclusion générale | 46 |
| Références bibliographiques | 49 |
| Annexes | |
| Résumé | |

Liste des figures

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure n°01: <i>Callosobruchus maculatus</i> . A: Mâle, B: femelle | 19 |
| Figure n°02: Adulte de <i>Bruchus rufimanus</i> | 21 |
| Figure n°03: Fève (AGUADULCE) | 26 |
| Figure n°04: Pois chiche (FLIP-90) | 26 |
| Figure n°05: Grains de fève décortiqués | 27 |
| Figure n°06: Broyeur traditionnel | 27 |
| Figure n°07: Farine de pois chiche | 27 |
| Figure n°08: Farine de fève..... | 27 |
| Figure n°09: Cookies a base de farine de fève et pois chiche stockés | 35 |
| Figure n°10: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini « Cookies » | 42 |

Liste des tableaux

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau n°01: Comparaison entre la production et le rendement des légumineuses et des céréales..... | 4 |
| Tableau n°02: Composition nutritionnelle de quelques légumineuses..... | 6 |
| Tableau n°03: Valeur nutritionnelle de quelques légumineuses en g pour 100 g de matière sèche (MS)..... | 7 |
| Tableau n°04: Production mondiale des principales légumineuses (en millions de tonnes) ... | 8 |
| Tableau n°05: Evaluation de la superficie et production du pois chiche dans la région de Bouira | 8 |
| Tableau n°06: Composition en acides aminés des deux variétés de pois chiches | 9 |
| Tableau n°07: Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole dans la région de Bouira | 10 |
| Tableau n°08: Composition moyenne de la graine de fève | 10 |
| Tableau n°09: Origine et quantité des ingrédients ajoutés dans la fabrication du produit | 34 |
| Tableau n°10: Résultats des analyses physico-chimiques des farines utilisées..... | 37 |
| Tableau n°11: Résultats des analyses physico-chimiques des cookies élaborées..... | 40 |

Liste des abréviations

Liste des abréviations

MS : matière sèche.

Mt : Million de tonnes.

Ha : hectares.

Qx : quintaux (unité de production).

DSA : Direction de Service Agricole.

AFNOR : Association française de normalisation.

CCLS : Coopérative des céréales et légumes secs.

LDL : Lipoprotéine de base densité (low density lipoprotéine).

Sup : Superficie.

Pro : Production.

Introduction

Introduction

Les légumineuses sont la deuxième famille de plantes cultivées après les céréales en termes de surface plantée et de rendement (**GEPS *et al.*, 2005**). De la famille des Fabaceae, elles comptent environ 20 000 espèces caractérisées par des fleurs à cinq pétales et un ovaire supérieur formant une gousse remplie de grains riches en protéines et jouent un rôle important dans la rotation culturale avec les céréales (**CRONK *et al.*, 2006**).

La culture des légumineuses est une source indéniable de protéines végétales, reconnue comme l'une des meilleures solutions alimentaires et les moins chères au monde. En effet, les protéines animales sont deux fois plus chères que les protéines végétales. De point de vue nutritionnel, les graines de légumineuses contiennent plus de protéines que celles des céréales (**SOLTNER, 1990**).

Les légumes secs ont un rôle important dans la végétalisation de notre alimentation et sont de plus en plus prônés par les diverses recommandations alimentaires (**FAO, 2020**). Malgré cette importance et ce rôle stimulant, la culture des légumineuses est toujours exposée à de nombreuses menaces abiotiques, notamment les gelées printanières, le froid hivernal, la chaleur, la salinité etc., et biotiques à savoir, les maladies fongiques, les adventices, les insectes ravageurs etc. Ces menaces réduisant les rendements des légumineuses considérablement (**MAATOUGUI, 1996**).

En effet, les ravageurs associés aux légumineuses pendant le stockage causent des dommages importants et entraînent une réduction de la qualité et de la quantité des produits stockés, surtout une détérioration de leur faculté germinative, causant ainsi des dommages considérables aux stocks et des pertes importantes aux producteurs. Dans certains pays africains, après une durée de six mois de stockage, les pertes sont estimées à environ 40 %, alors que dans les pays développés, les pertes ne dépassent pas 3 % (**STAMM, 2014**).

Les coléoptères de la famille Bruchidae, dont les larves ne consomment et ne se développent que dans les graines, sont les ravageurs les plus nocifs aux légumineuses (Fabacées) (**CASWELL, 1960**).

La famille des Bruchidae comprend deux groupes (**DELOBEL *et al.*, 1993**); le premier comprend les bruches à une seule génération annuelle (espèces univoltines) comme *Bruchus pisorum* (bruche du pois), *Bruchus rufimanus* (bruche de la fève) ou *Bruchus lentis* (bruche des lentilles). Le deuxième groupe comprend les bruches qui ont plusieurs

Introduction

générations annuelles (espèces polyvoltines) et c'est le cas de *Callosobruchus maculatus* (bruche du niébé), *Callosobruchus chinensis* (bruche chinoise).

Le présent travail a pour objectif d'identifier les différents ravageurs attaquant les légumineuses (spécialement le pois chiche et la fève), étudier les dégâts quantitatifs et qualitatifs causés par les bruches sur les principales espèces de légumineuses (Pois chiche et Fève) au cours du stockage.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I.1. Légumineuses

I.1.1. Généralités

Les légumineuses alimentaires sont cultivées depuis longtemps dans le monde et elles occupent une place très importante dans l'alimentation humaine (**AYKROYD et DOUGHTY, 1982**). Elles sont cultivées aux côtés des céréales ce qui permet d'enrichir les sols par enfouissement de l'azote. De plus, elles constituent une importante source de protéines et peuvent remplacer celle d'origine animale, comme elles sont plus riches en calories et en glucides que le blé (**SAXENA, 1992**).

La production mondiale de légumineuses est bien plus faible que celle de céréales (**Tableau n°01**). Le soja, étant la légumineuse la plus cultivée, reste tout de même bien en dessous des productions de blé ou de maïs qui sont plus de deux fois plus productives. Il en est de même pour le rendement par hectare (**DARIMONT, 2022**).

Tableau n°01: Comparaison entre la production et le rendement des légumineuses et des céréales (**DARIMONT, 2022**).

| Production / Rendement | Production mondiale 2018 (Million de tonnes) | Rendement mondial 2018 (Tonne par hectare) |
|------------------------|---|---|
| Légumes secs | 348,71 (soja) 30.43 (haricot sec) 13.5 (pois sec) | 2,79 (soja) |
| Céréales | 2,7 milliards de tonnes 735,18 (blé) | 4,07 |

Les légumineuses aident à réduire le risque de maladies coronariennes. Elles sont riches en fibres solubles et sont connues pour leurs effets positifs sur le taux de cholestérol LDL, un facteur de risque reconnu de maladie coronarienne (**COLOMBET et al., 2022**).

Les légumineuses sont une bonne source de vitamines, tel que l'acide folique (vitamine B9), qui aident à réduire le risque d'anomalies du tube neural (ATN) comme *Spina bifida* chez les nouveau-nés (**ERANTO, 2016**).

Leur teneur élevée en fer fait des légumineuses un excellent aliment pour prévenir l'anémie ferriprive chez les femmes et les enfants, surtout s'ils sont consommés avec des

aliments riches en vitamine C, qui stimule l'absorption du fer (ASSAD-BUSSTILLOS *et al.*, 2020)

La qualité des protéines des régimes végétariens et à base de plantes augmente considérablement lorsque les légumineuses sont consommées avec des céréales (ERANTO, 2016).

I.1.2. Importance agronomique et alimentaire des légumineuses

Les avantages des légumineuses sont doubles. D'une part, elles sont riches en protéines (17 % à 25 % dans le soja, et 36 % à 44 % dans le lupin). A ce titre, elles jouent un rôle important dans l'alimentation humaine (elles remplacent les protéines animales dans de nombreux pays) et, aussi, dans l'alimentation des animaux, notamment les porcs et les volailles. D'autre part, elles fixent l'azote de l'air, elles sont donc parfaites pour les agriculteurs qui sont toujours à la recherche d'azote pour la fertilisation des sols (POINTEREAU, 2001).

Les légumineuses sont sans gluten, ce qui en fait un aliment bénéfique pour les personnes allergiques au gluten ou souffrant de la maladie cœliaque. Elles sont riches en composés bioactifs tels que les composés phytochimiques et les antioxydants (ERANTO, 2016).

Les légumes et les légumineuses peuvent avoir un effet protecteur contre le cancer de la prostate, et peu d'études prospectives ont analysé cette relation (MOREL-CODREANU *et al.*, 2023).

I.1.3. Composition biochimique des graines des légumineuses

Les graines de légumineuses sont caractérisées par une forte densité énergétique et nutritionnelle (**Tableau n°02**) vu leurs richesses en fibres, en protéines, en hydrates de carbone, en vitamines du groupe B, du fer, du cuivre, du magnésium, du manganèse, du zinc et du phosphore (REMOND et WALRAND, 2017).

Tableau n°02: Composition nutritionnelle de quelques légumineuses (**RITCHIE et ROSER, 2020**).

| Légumineuses | Protéines (%) | Glucides (%) | Fibres (%) | Lipides (%) | Cendres (%) |
|--------------|---------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| Pois | 34,7 | 54,72 | 4,25 | 2,4 | 3,93 |
| Pois chiches | 19,30 | 60,65 | 17,4 | 6,04 | 2,48 |
| Lentilles | 31,4 | 56,53 | 6,75 | 1,15 | 4,16 |
| Haricots | 23,58 | 60,01 | 24,9 | 0,83 | 3,83 |

I.1.3.1. Protéines

Les protéines végétales sont apportées principalement par des aliments traditionnels comme les légumes secs (haricot, pois chiche, lentille...) et les produits céréaliers (pain, biscuits, riz...)... (**RIO, 2017**).

La qualité nutritionnelle des protéines alimentaires est déterminée en grande partie par leur composition en acides aminés essentiels et leur digestibilité (**REMOND et WALRAND, 2017**). Les protéines des légumineuses sont généralement riches en lysine, leucine, acide aspartique, acide glutamique et arginine, mais manquent de méthionine, de cystéine et de tryptophane (**DARIMONT, 2022**).

Les protéines des légumes secs sont principalement composées de globuline et d'albumine. Elles contiennent presque tous les acides aminés essentiels et une forte proportion de lysine, mais présentent un manque en acides aminés soufrés qui constituent le facteur limitant. Elles peuvent donc être complétées par les produits céréaliers dont les protéines sont riches en acides aminés soufrés et déficientes en lysine. Les protéines sont situées presque exclusivement dans les cotylédons (**ERANTO, 2016**).

I.1.3.2. Lipides

Les lipides se trouvent en faible quantité dans les graines des légumineuses (à l'exception du pois chiche 6 %) mais renferment les acides gras essentiels de bonne qualité (**ERANTO, 2016**).

I.1.3.3. Glucides

Les glucides se caractérisent par une forte proportion d'amidon et une forte teneur en amylose. Les graines sont riches en glucides complexes et constituent donc une bonne source d'énergie (ERANTO, 2016).

Ils sont constitués d'amidon parfaitement digestible (45 à 50 %), et de fibres (8 à 18%); par contre, on y trouve aussi des α -galactosides (raffinose, stachyose, verbascose, etc.) non digestibles, hydrolysés et métabolisés par les bactéries intestinales en hydrogène, méthane et autres gaz responsables de la flatulence (SIRET, 2000).

I.1.3.4. Vitamines et éléments minéraux

En ce qui concerne les vitamines et les minéraux, les légumineuses sont une bonne source de potassium, de phosphore et de magnésium. Elles sont également une excellente source de fer s'ils sont consommés avec de la vitamine C, de l'acide folique et du manganèse (ERANTO, 2016).

Le tableau suivant (Tableau n°03) présente les caractéristiques nutritionnelles des graines de quelques variétés de légumineuse :

Tableau n°03: Valeur nutritionnelle de quelques légumineuses en g pour 100 g de matière sèche (MS) (BOYE *et al.*, 2010).

| légumineuses | Protéines | Lipides | Glucides | Fibres | Minéraux |
|--------------|-----------|----------|----------|--------|----------|
| Haricot | 26,2-43,6 | 1-1,9 | 60-65 | 4-5 | 3-4,9 |
| Soja | 37,6 | 18,3 | 6,3 | 22 | 4,69 |
| Pois chiche | 19,4-20 | 5-5,6 | 54,9-58 | - | 4 |
| Niébé | 25-26,3 | 1,62-1,7 | 68-69 | 4-7,4 | 3,9-4,2 |

I.1.3.5. Pois chiche

Le pois chiche appartient à la famille des Fabacées. Elle est la deuxième légumineuse la plus cultivée dans le monde (Tableau n°04). Sans compter le soja qui est la légumineuse indétrônable en terme de production mondiale avec plus de 300 millions de tonnes produites annuellement. Les pois chiches sont très nutritifs et constituent une source de protéines relativement peu coûteuse qui fournit des composés phytochimiques bénéfiques pour la santé (DARIMONT, 2022).

Tableau n°04: Production mondiale des principales légumineuses (en millions de tonnes) (DARIMONT, 2022).

| Légumes secs production | Soja | Haricots | Pois chiches | Pois | Lentilles |
|----------------------------|--------|----------|--------------|-------|-----------|
| Production mondiale (Mt) | 384,00 | 30,43 | 17,19 | 13,53 | 6,33 |

En Algérie, le pois chiche est l'une des principales légumineuses comestibles et occupe une place importante dans l'alimentation des populations. Cette espèce est cultivée dans plusieurs zones agro-écologiques et est une source très importante de protéines, jusqu'à 30% en poids du grain. La valeur nutritionnelle des mélanges de graines et de grains de pois chiche est comparable à celle apportée par les protéines animales (ZINE-ZIKARA *et al.*, 2015).

Les données statistiques sur la superficie et la production du pois chiche de la région de Bouira pour la décennie 2019-2022 sont présentées dans le tableau suivant (Tableau n° 05) (DSA Bouira).

Tableau n°05: Evaluation de la superficie et production du pois chiche dans la région de Bouira (DSA Bouira).

| années Sup/Pro | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Superficie (Ha) | 483 | 491 | 323,75 |
| Production (Qx) | 4347 | 2535 | 2481,60 |

Il existe deux principales variétés de pois chiches: le Desi et le Kabuli. Le Desi se présente sous forme de petites graines, et sa consommation se limite principalement au Moyen-Orient et à l'Asie du Sud-est. Le Kabuli possède de grosses graines et est plus populaire à l'échelle mondiale (VARSHNEY *et al.*, 2013).

I.1.3.5.1. Composition biochimique et valeur nutritionnelle

Le pois chiche est principalement constitué de glucides, représentant environ 60 à 70 % des graines sèches et crues. La teneur en protéines du pois chiche cru et de la farine de pois chiches est d'environ 19,3 % à 22,4 %, ce qui permet de considérer les protéines comme le deuxième composant majeur du pois chiche (**Tableau n°06**). Les protéines principalement retrouvées sont les albumines, les globulines, les prolamines, les gluténines et les protéines résiduelles. Les acides aminés limitant du pois chiche sont les acides aminés soufrés (**IQBAL et al., 2006**).

Tableau n°06: Composition en acides aminés des deux variétés de pois chiches (**IQBAL et al., 2006**).

| | Acide aminé (g /100g protéines) | Pois chiche Desi | Pois chiche kabuli |
|------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------|
| Acide aminées essentiels | Arginine | 8,5 | 8,0 |
| | Lysine | 7 | 7,8 |
| | Méthionine | 1,1 | 1,3 |
| Acide aminées non essentiels | Alanine | 5,2 | 4,7 |
| | Cystéine | 0,6 | 0,8 |
| | Sérine | 3,5 | 4,2 |

Cette légumineuse est également riche en fibres et pauvre en lipides, formant un aliment avec un index glycémique très faible (28 %). C'est également une bonne source de minéraux, tels que le calcium, le phosphore, le magnésium, le fer et le potassium et de composés bioactifs ayant des propriétés intéressantes sur la santé. Concernant la composition nutritionnelle des deux variétés de pois chiches, les valeurs sont assez similaires (**MANICKAVASAGAN et THIRUNATHAN, 2020**).

I.1.3.6. Fève

La fève est l'une des légumineuses les plus cultivées dans le monde. C'est un légume dont l'origine a longtemps été discutée. Aujourd'hui, il existe des régions méditerranéennes qui sont considérées comme l'origine de ce légume, sa culture représente près de 25% de la superficie totale cultivée. La fève est nutritionnelle, économique et légume intéressant pour l'environnement. La fève (*Vicia faba L.*) est une légumineuse importante en raison de ces teneurs élevées en protéines et en amidon. Les fèves peuvent être cultivées dans différentes

conditions climatiques, L'Afrique du Nord est l'une des régions les plus productrices de la fève dans le monde. En Algérie, elle occupe la première place parmi les légumineuses grâce à sa haute valeur nutritionnelle et son utilisation en rotation des cultures (fertilisant organique) (HELETTE, 2002).

Les données statistiques sur la superficie et la production de la fève et féverole de la région de Bouira pour la décennie 2019-2022 sont présentées dans le tableau suivant (Tableau n°07) (DSA Bouira).

Tableau n°07: Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole dans la région de Bouira (DSA Bouira).

| Années Sup/Pro | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Superficie (Ha) | 713 | 635 | 400,5 |
| Production (Qx) | 8837 | 7482,5 | 6402,5 |

I.1.3.6.1. Composition biochimique et valeur nutritionnelle

La fève constitue un aliment nutritif très important notamment pour les populations à faible revenu qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale (BOULEHLIB *et al.*, 2020). Elle renferme un taux élevé en protéine (20 % de la MS), tout en restant un aliment énergétique (55 % de glucides ; 340 cal /100g) (GOYOAGA *et al.*, 2011).

La composition moyenne de la graine est donnée dans le tableau ci-dessous (Tableau n° 08) (BOULEHLIB *et al.*, 2020).

Tableau n°08: Composition moyenne de la graine de fève (BOULEHLIB *et al.*, 2020).

| Composition chimique | Teneur % |
|-----------------------|----------|
| Matière azotée totale | 29.9 |
| Cellulose brute | 8,4 |
| Amidon | 44 |
| Matière grasse | 1,5 |
| Cendres | 4,1 |

La fève a une teneur élevée en lysine et également en arginine. Elle représente une bonne source de protéines. La teneur en protéine est équivalente à celle des protéines de la viande et de poisson, elle varie entre 200 et 410 g /kg selon la variété (LUO *et al.*, 2013).

La teneur en fibres alimentaires varie entre 150 g/kg et 300 g/kg selon la variété, l'hémicellulose étant le principal composant (LUO *et al.*, 2013).

I.2. Technologie biscuitière

I.2.1. Définition d'un biscuit

Les biscuits sont des produits de boulangerie consommés dans le monde entier. Leur longue durée de conservation, la diversité de goûts et textures ainsi que leur praticité font qu'ils sont particulièrement appréciés par les consommateurs. Le nom « biscuit » dérive du latin « bis coctus » qui signifie « deux fois cuit » (GALLAGHER, 2008).

Actuellement, la production de biscuits est passée d'une fabrication artisanale à une production industrielle fortement automatisée (ZHOU, 2014).

Le biscuit, aliment de base, est une source constante d'innovation. De nombreuses améliorations dans le domaine de la biscuiterie visent à répondre à la demande des consommateurs pour des collations plus saines, plus nutritives, mais toujours aussi savoureuses (ZHOU, 2014).

I.2.1. Classification des biscuits

Les biscuits sont présentés sous plusieurs formes, avec des goûts sucrés ou salés. Ces produits sont formulés pour différents publics cibles, du nourrisson aux personnes âgées, en passant par les personnes aux besoins particuliers comme pour les biscuits sans gluten. Selon les recettes et procédés de fabrication, Nous distinguons quatre catégories de biscuits:

- ✓ Les crackers: croustillants, sucrés ou salés ;
- ✓ Les biscuits semi-sucrés: couleur et texture uniformes, volume plus important que les crackers, teneurs en sucres et matières grasses moindres
- ✓ Les biscuits à pâte sablée : riches en sucres et en matières grasses ;
- ✓ Les « cookies »: ajout de pépites de chocolat ou autres garnitures (noix, fruits, noix de coco...), riches en sucres et en matières grasses (KIGER *et al.*, 1967).

Vu la grande variété des productions et de la variété des ingrédients pouvant entrer dans la fabrication des divers biscuits, leur classification se base alors sur la consistance de la pâte, dont nous distinguons:

- ✓ Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs: casse-croûte, sablés, petit beurre
- ✓ Les pâtes molles s'adressent aux pâtisseries industrielles telles que les génoises, madeleines et les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses
- ✓ Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes (**KIGER *et al.*, 1967**).

I.2.2. Principaux ingrédients ajoutés et leurs effets

Les trois ingrédients de base pour la fabrication des biscuits sont: la farine, la matière grasse et le sucre (**GALLAGHER, 2008; ARDENT *et al.*, 2009**).

Les différentes combinaisons de ses ingrédients donnent naissance à un large éventail de produits avec de formes et de textures diverses (**MAACHE-REZZOUG *et al.*, 1998 ; ARDENT *et al.*, 2009**).

I.2.2.1. Farine

La farine de blé tendre est l'ingrédient principal de la plupart des biscuits. C'est le produit élaboré à partir des grains de blé ordinaire, mais pour des fins diététiques, des farines sans gluten sont encore utilisées. L'utilisation généralisée de la farine dans la préparation de la pâte à biscuits est liée à sa capacité à retenir le gaz, quand elle est mélangée avec de l'eau, ses composants protéiques forment un réseau élastique capable de piéger les gaz et de développer une structure solide et cassante pendant la cuisson (**ABDEL-MEGEID *et al.*, 2009**).

Généralement, les farines utilisées pour la fabrication des biscuits sont obtenues après la mouture des graines de blé tendre, avec une faible teneur en amidon endommagé (**GALLAGHER, 2008**).

L'élimination du gluten pose un problème majeur pour les boulangeries. Cependant, le développement du réseau glutineux dans les pâtes biscuitières est minime et indésirable (sauf pour certains biscuits "semi-sweet" qui peuvent avoir un système glutineux développé); la

texture des biscuits après cuisson est due à la gélatinisation de l'amidon et au refroidissement du sucre plutôt que la structure protéine/amidon (GALLAGHER, 2004a).

I.2.2.2. Matière grasse

La matière grasse est un ingrédient très important dans la fabrication des biscuits. Elle est généralement 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, agit comme un lubrifiant et affecte sa maniabilité, ainsi que la texture et la sensation en bouche du biscuit après cuisson. La capacité de la matière grasse à disperser les ingrédients du mélange est due à l'insolubilité dans l'eau de cette matière (KIGER *et al*, 1967).

I.2.2.3. Sucre

Il joue un rôle important dans le processus de cuisson. En plus d'être sucré, il ajoute aussi de la texture, de la couleur, et agit comme un conservateur. Selon le niveau et le type, le sucre affecte différents paramètres rhéologiques de la pâte à biscuit. Le sucre inhibe la formation de gluten pendant le pétrissage de la pâte en concurrençant la farine pour l'eau dans la recette (MAMAT et HILL, 2014).

I.2.2.4. Autres ingrédients

I.2.2.4.1. Eau

L'eau est un ingrédient important pour la formation de la pâte. Elle hydrate la farine, fournit la mobilité nécessaire aux constituants de la farine pour la réalisation des réactions chimiques (NDANGUI, 2015).

I.2.2.4.2. Levure chimique

Elle joue un rôle dans l'expansion de son volume qui revient au dégagement de vapeur (vapeur d'H₂O) et la production de CO₂. Lorsque le CO₂ est libéré avant la cuisson, les cellules à gaz gonflées diffusent à travers la pâte et sont perdus à la surface (THARRAULT, 1997).

I.2.2.4.3. Œuf

Les œufs permettent d'apprécier les propriétés fonctionnelles intéressantes et d'améliorer la couleur et l'apparence du produit final (CASAS *et al.*, 2015).

I.2.3. Diagramme de fabrication

La fabrication d'un biscuit (cookies) se fait par plusieurs étapes:

I.2.3.1. Préparation de la pâte et pétrissage

Préparation de la pâte (mixage des ingrédients): Il consiste à mélanger les ingrédients et les homogénéiser, pour obtenir une pâte dont la consistance permet la mise en forme du biscuit (**Originale**).

Pétrissage: Le pétrissage est une opération qui va aboutir à la formation d'un produit viscoélastique à partir de deux ingrédients (eau et farine). Il force l'eau à envelopper d'abord chaque particule de farine et à le pénétrer. En effet, cette eau chasse l'air inclus dans la farine. L'incorporation d'air dans la masse permet à la pâte de se détacher aux parois de la cuve du pétrin et elle devient lisse, sèche et élastique, Cependant un pétrissage excessif peut altérer la pâte (**SHARMA, 2011**).

I.2.3.2. Mise en forme (façonnage)

Le pâtissier commence d'abord par un laminage qui consiste à former la pâte biscuitière en feuille, pour pouvoir donner des formes aux biscuits, où nous distinguons plusieurs méthodes de façonnages :

- ✓ Pour des pâtes mi-dures et sablées, nous utilisons une rotative: la pâte passe entre deux cylindres, dont un interchangeable et muni d'empreintes à la forme du biscuit à obtenir ou à l'aide d'un emporte pièce pour les méthodes artisanales.
- ✓ Pour des pâtes molles et riches en MG, une coupeuse à fil est utilisée.
- ✓ Pour les pâtes très onctueuses ou presque liquides, nous utilisons la dresseuse et la doseuse (**GALLAGHER, 2004b**).

A la fin de cette étape, les biscuits sont déposés sur une plaque de cuisson et transportés au four pour l'étape suivante: la cuisson (**Originale**).

I.2.3.3. Cuisson

La cuisson fait intervenir simultanément les transferts de chaleur et de matière (**FELLOWS, 2000**). De nombreux changements physiques et chimiques se produisent pendant cette étape. Ces modifications sont de nature moléculaire et sont principalement causées par des transitions hydrothermales affectant les principaux composants de la pâte.

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

La cuisson a une importance primordiale, car c'est d'elle que dépendent le goût, l'aspect définitif et la bonne conservation des biscuits fabriqués. Elle doit être minutieusement surveillée: sa direction est confiée au pâtissier. Elle dure en moyenne entre 6 et 20 minutes en fonction de l'épaisseur ou de la composition des biscuits (NDANGUI, 2015).

I.2.3.4. Refroidissement

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre, pendant quelques minutes, des ventilateurs sont utilisés pour éliminer l'humidité (NDANGUI, 2015).

I.3. Stockage des légumineuses

I.3.1. Définition

Le stockage est une opération qui consiste à conserver un produit dans un lieu précis et pendant une période donnée. Le stockage correspond à l'entreposage des denrées dans une enceinte conçue à cet effet. Il est intermédiaire entre la récolte qui dure quelques jours et la consommation qui dure toute l'année. Les deux conditions indispensables pour un bon stockage sont: un bâtiment de stockage conçu selon les normes et de bonnes mesures de sécurité (AGBAKA, 2011).

Les conditions d'entreposages sont importantes car si les grains de blé sont stockés dans de mauvaises conditions, il y a un risque de germination et de prolifération des moisissures (AGBAKA, 2011).

D'après MULTON (1982), le stockage doit éviter toute ré-humidification des graines et tout échauffement biologique. L'entreposage des graines est très diversifié dans sa nature et dans ses moyens ; c'est ainsi que l'on trouve divers types de stockage qui se sont développés simultanément.

I.3.2. Types de stockage

I.3.2.1. Stockage traditionnel

Dans ce type de stockage, les grains sont conservés dans des greniers de forme ronde ou carrée, généralement en terre avec plus ou moins de fibres végétales ajoutées. Le principal

inconvenient de cette méthode est la très forte humidité et les infiltrations d'eau qui favorisent le développement des moisissures et le phénomène de fermentation bactérienne (DOUMANDJI *et al.*, 2003).

I.3.2.2. Stockage en sac

Les solutions de stockage en sac sont les plus couramment utilisées car elles nécessitent moins d'investissement que le stockage en vrac. Malheureusement, ces sacs sont laissés au sol et exposés aux insectes vecteurs de rongeurs et aux spores des moisissures (JARD, 1995).

I.3.2.3. Stockage en vrac

Le stockage en vrac n'est pas encore courant dans les pays en développement, alors qu'il l'est dans les pays développés. Les grains en tas sont laissés à l'air libre sous des hangars ouverts à charpente métallique. Malheureusement, les contaminations sont possibles d'autant plus que dans ce type de construction, il y a toujours des espaces entre les murs et le toit, et les insectes sont autorisés à passer librement (DOUMANDJI *et al.*, 2003).

I.3.2.4. Stockage en silos

Ce sont des enceintes cylindriques en métal ou en maçonnerie, recouvertes d'une couche d'aluminium sur les parois intérieures pour éviter la condensation (JARD, 1995). Ces silos permettent de stocker plusieurs types des légumes secs ou de céréales, ils sont multi produits (DURON, 1999). C'est une méthode efficace qui diminue les dégâts et limite l'attaque des ravageurs (JARD, 1995).

I.3.3. Facteurs de détérioration des produits stockés

Pendant le stockage, les légumineuses sont menacés par:

I.3.3.1. Teneur en humidité (facteurs physico-chimiques)

L'humidité est le facteur le plus important qui affecte le stockage des graines et de leurs sous-produits (MULTON, 1982).

Dans toute masse de grains importants entreposés, non ventilée artificiellement, les différences de température entre différentes parties de la masse provoquent un déplacement de l'humidité et il en résulte souvent la formation de poche d'humidité intense, celle-ci constitue le milieu idéal pour le développement des champignons (FAO, 1984). La flore du stockage

est composée d'espèces xérophiles adaptées à des substrats relativement secs (FEILLET, 2000).

I.3.3.2. Température (facteurs physico-chimiques)

La température de conservation est l'autre grand facteur influençant la longévité des grains (FAO, 1994); elle joue un rôle important en matière de conservation, car elle favorise le phénomène de respiration et donc de dégradation des produits stockés.

Elle influence également le développement des microorganismes et des insectes (CRUZ et DIOP, 1989). Les basses températures ralentissent l'activité des microorganismes à la surface des grains, de même que celle des larves d'insectes lorsqu'elles se trouvent à l'intérieur des grains (SUSZKA *et al.*, 1994).

I.3.3.3. Insectes (facteurs biologiques)

Les insectes représentent les principaux vecteurs de spores de moisissures au champ et dans les lieux de stockage (PFOHL-LESZKOWICZ, 2001).

La plupart se développent mieux à des températures de 25 à 30°C et à des humidités relatives de 70 à 80%. A des températures et humidités relatives inférieures ou supérieures, ils continuent à se développer, quoiqu'à un niveau moindre (HAYMA, 2004).

Il y a cinq espèces principales d'insectes qui s'attaquent aux légumes secs:

- ✓ Bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus*),
- ✓ Bruche du dolique (*Callosobruchus maculatus*),
- ✓ Pyrale indienne de la farine (*Plodia interpunctella*),
- ✓ Pyrale du tabac (*Ephestia elutella*)
- ✓ Pyrale des amandes (*Cadra cautella*) (PFOHL-LESZKOWICZ, 2001).

La bruche du haricot et la bruche du dolique sont les plus destructrices (PFOHL-LESZKOWICZ, 2001).

I.3.4. Effet de stockage sur la dégradation de la composition biochimique

Les moisissures modifient considérablement le substrat sur lequel elles vivent, ainsi un développement de moisissures sur les grains s'accompagne de modifications de leur apparence, de leur odeur, de leur goût, d'une perte de matière sèche, d'une diminution de la valeur nutritionnelle et de modifications de la composition (CAHAGNIER, 1996).

I.3.4.1. Dégradation des lipides

Les lipides des grains, en particulier les triglycérides, sont particulièrement sensibles à la dégradation microbienne. Lors d'un stockage mal géré, les premières modifications biochimiques que subissent les grains s'observent le plus souvent au niveau lipidique (FEILLET, 2000).

Les triglycérides sont hydrolysés en glycérol et acides gras, grâce à des lipases, que l'on rencontre chez les moisissures des genres *Rhizopus*, *Aspergillus* et *Geotrichum* (GUIRAUD, 2003).

I.3.4.2. Dégradation des protéines

Les légumes secs sont riches en protéines. Grâce à leurs enzymes protéolytiques (protéases), les moisissures hydrolysent les protéines, entraînant la formation d'acides aminés que les moisissures peuvent facilement utiliser. Il existe également des substances hydrolysées telles que le sulfure d'hydrogène (H₂S) et l'ammoniac (HNO₃). Cette dégradation provoque essentiellement l'émanation d'odeurs nauséabondes et une profonde modification de la consistance et du goût qui devient amer. Les principales espèces qui provoquent cette hydrolyse sont: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* et *Aspergillus niger* (MULTON, 1982).

I.3.4.3. Dégradation des glucides

Les légumes secs contiennent environ 60% de glucides qui sont représentés en majorité par l'amidon. La dégradation de ce dernier est un phénomène très répandu et fait intervenir plusieurs types d'enzyme, le α -amylase qui a une action endomoléculaire conduisant à la formation de D-glucose, de maltose et d'une petite quantité de maltodextrine, le gluco-amylase qui libère des unités glucose à partir des extrémités non réductrices des polymères et le β -amylase qui a une action de type exomoléculaire donnant du maltose (GUIRAUD, 2003).

I.3.4.4. Insectes nuisibles des légumineuses (pois chiche et fève)

En Algérie, le principal ravageur, des légumineuses alimentaires sont les bruches. Ce sont des insectes qui se développent dans les champs et dans les graines encore vertes. Plusieurs espèces, appartenant au genre *bruchus*, touchent les légumineuses cultivées telles

que: *callosobruchus maculatus* sur pois chiche et *Bruchus rufimanus* sur la fève (PROFERT, 2019).

I.3.4.4.1. Bruche de pois chiche

I.3.4.4.1.1. Description de *Callosobruchus maculatus*

Le bruche du pois chiche est un insecte de forme ovale de quelques millimètres (1,5 à 5 centimètres) de long. La tête se prolonge vers l'avant dans un museau élargi avec deux grands yeux, les antennes, insérées près des yeux. Les élytres ne recouvrent pas complètement l'abdomen (BOLOCHOWSKY, 1962).

Les œufs de *C. maculatus* sont asymétriques, arrondis à une extrémité et pointus à l'autre, mesurant 0,4 à 0,75 mm sur 0,3 à 0,45 mm. Les larves primaires sont minces, 1,2 mm de long, avec des pattes, et les larves secondaires peuvent atteindre 5 à 6 mm lorsqu'elles sont complètement développées ; tête légèrement incurvée, apode, brune, corps blanc jaunâtre (HOFFMANN, 1962).

L'adulte de *C. maculatus* est un insecte mesurant 2,8 à 3,5 mm de long, ayant un corps trapu de coloration rougeâtre (Figure n°01 A, B). Les élytres présentent quatre taches foncées bordées de soie. Les antennes sont noires avec les quatre premiers articles roux, chez le mâle elles sont plus élargies à partir de septième article, mais les femelles ont les antennes entièrement rouge (BOLOCHOWSKY, 1962).



Figure n°01: *Callosobruchus maculatus* (AMARI, 2014).

A: Mâle, B: femelle.

I.3.4.4.1.2. Dégâts causés par *C. maculatus*

Les graines mûres, bien que la dureté et l'épaisseur soient des barrières efficaces contre la pénétration des larves, sont fortement attaquées par *C. maculatus* pendant le stockage (**SHIH-CHIEH et al., 2002**), affectant leur poids, leur capacité de germination et leur qualité marchande (**KUMAR et al., 1993**).

Les pertes de graines suite aux attaques par ce ravageur sont de l'ordre de 80% et souvent de 100% en quelques mois. La principale cause de ces dégâts est l'ingestion de graines par les larves (**KELLOUCHE, 2005**).

De plus, des changements dans la composition en vitamines ont été observés. D'autre part, la qualité des protéines est affectée par une teneur réduite en méthionine et une augmentation de l'acide urique et de l'azote non protéique, ce qui rend les graines impropres à la consommation humaine (**KEITA et al., 2001**).

I.3.4.5. Bruche de fève

I.3.4.5.1. Description de *Bruchus rufimanus*

La bruche de la fève est un insecte holométabole dont le cycle passe par quatre stades de développement, œuf, larve, nymphe et adulte (**HOFMANN, 1945**).

Les œufs de *B. rufimanus* sont gélatineux de 0,5 mm de long et 0,25 mm de large (**DUPONT, 1990**).

Les larves de *B. rufimanus* mesurent 5 à 6 mm de long, elles sont sub-cylindrique en forme C, de forme ovales, rétractées et aplaties dorso-ventralement (**CASARI et TEIXEIRA, 1997**).

La nymphe est de couleur blanc crème et ressemble à l'adulte, mais n'a pas encore acquis sa couleur brune (**CASARI et TEIXEIRA, 1997**).

Les adultes de *B. rufimanus* mesurent 3 à 5 mm de long, avec un Pygidium gris pâle, un large pronotum et une très légère tache blanche devant l'écusson (**Figure n°02**). Les pattes antérieures sont toutes jaunes, les pattes moyennes et postérieures sont noires; les pattes postérieures ont une longue pointe au coin interne du tibia et le tibia central est rouge (**BALACHOWSKY, 1962**).



Figure n°02: Adulte de *Bruchus rufimanus* (SIMON *et al.*, 2012).

I.3.4.5.2. Dégâts causés par *B. rufimanus*

Selon **BERNE et DARDY (1987)**, chez *B. rufimanus*, ce sont les larves qui causent des dégâts à l'intérieur des graines de fèves. En fait, les larves constituent l'état nuisible du bruche, car elles se nourrissent aux dépens des réserves de cotylédons des graines (**MOUHOUCHE, 1997**).

La bruche de la fève occasionne des pertes pondérales en fonction de l'intensité de l'infestation des graines et le nombre des bruches adultes développées par graine (**BOUGHDAD, 1996**). En effet, les pertes moyennes de poids sec des cotylédons sont estimées à 2.84 % pour un adulte par graine, 5.87 % pour deux adultes par graine, 8.27 % pour trois adultes par graine et à 14.5 % pour cinq adultes par graine (**BOUGHDAD, 1994**).

Comme le soulignent **HOFFMANN et LABERYRIE (1962)**, le passage larvaire réduit fortement la capacité germinative des graines attaquées. Seulement 60 % pour un seul passage larvaire et 45 % en ce qui concerne deux passages.

MEDJDOUB-BENSAAD (2007) ont rapporté que le taux de germination diminue avec l'augmentation du nombre de bruches par graine. Il est de 84 % pour les graines avec une bruche, 76% pour les graines avec deux bruches et 58 % pour les graines avec trois bruches.

I.3.4.5.3. Méthodes de lutte contre *Callosobruchus maculatus* et *Bruchus rufimanus*

Les dégâts phénotypiques causés par les bruches et ses pertes au champ et en stockage ne font qu'exposer les producteurs à une situation d'insécurité et de précarité. Ils doivent

augmenter les rendements tout en limitant les pertes dues aux ennemis naturels des plantes, notamment les ravageurs (**HUIGNARD *et al.*, 2011**).

L'importance des pertes après récolte justifie des stratégies de contrôle à chaque niveau d'organisation du stockage (**ALI *et al.*, 1998**).

I.3.4.5.4. Lutte préventive

Parmi les mesures de contrôle de base, la mise en application régulière des mesures d'hygiène est la méthode la plus importante et la plus efficace pour contrôler *C. maculatus* et *B.rufimanus*; pour cette raison, **MULTON (1982)** recommande plusieurs méthodes.

- ✓ Nettoyage des locaux de stockage et du matériel destinés à l'emmagasinage, par une pulvérisation d'insecticides.
- ✓ Incinération des déchets de nettoyage.
- ✓ Vérification des locaux, des crevasses et des recoins qui peuvent abriter des insectes ou des grains inaccessibles aux insecticides de contact (**FIELDS, 2001**).

I.3.4.5.5. Lutte chimique

Pour protéger les denrées entreposées contre ces bruches, insecticides chimiques sont utilisés comme Pyrimiphos méthyl (Actellic) ou le Sofagrain (Pyrimiphos méthyl et Deltaméthrine) qui sont souvent intensivement employés. Malheureusement ces produits chimiques posent des problèmes pour la santé publique car leurs résidus se rencontrent dans la chaîne alimentaire et causent des intoxications (**HUIGNARD *et al.*, 2011**).

Le groupe d'insecticides polyvalents le plus utilisé contre les insectes des grains est celui des organophosphorés, la substance la plus employée et la plus efficace est le pyrimiphos-méthyl (**COLLIN, 1990 ; SHAKOORI *et al.*, 1993**).

I.3.4.5.6. Lutte physique

SERPEILLE (1991) indique que l'utilisation du froid est un bon préventif, car à 2°C le développement des insectes est temporairement arrêté, le maintien des entrepôts de stockage à (-1°C) pendant un mois, entraîne la mortalité des bruches, ainsi que, les températures supérieures à 45°C sont létales pour ces insectes.

Selon **BALACHOWSKY (1962)**, il est souhaitable de laisser le local hermétiquement clos en présence de vapeur de sulfure de carbone pendant 48 heures ou faire passer très

lentement les graines dans un four à une température comprise entre 55-60°C pendant 30 minutes.

I.3.4.5.7. Lutte biologique

Cette lutte consiste à l'utilisation des prédateurs ou des parasitoïdes des bruches afin de limiter les dégâts. Les insectes parasitoïdes constitués essentiellement des Diptères et des Hyménoptères sont souvent utilisés comme facteurs de régulation des populations d'insectes phytophages (**BOULETREAU, 1998**).

I.3.5. Effet de stockage sur la valeur nutritionnelle (Impact des insectes de stock)

I.3.5.1. Perte de poids

Une fois installés dans une denrée, les insectes se nourrissent en permanence. Les estimations de la perte qui en résulte varient considérablement selon le produit, le lieu et la technique de stockage utilisée. Dans les régions tropicales, une perte de 10 à 40 % sur la durée de stockage est nécessaire pour les céréales ou légumineuses stockées dans des conditions conventionnelles (**RAJENDRAN, 2002**).

I.3.5.2. Perte de qualité et de valeur marchande

Le produit infesté est contaminé par les déchets laissés par les insectes et a une teneur en poussière accrue. Les grains sont percés et souvent décolorés. Les plats cuisinés avec des aliments contaminés ont une odeur et un goût désagréables (**DABRIE *et al.*, 2008**).

Sur les marchés traditionnels, les prix sont relativement peu affectés par l'infestation (dommages causés par les insectes). Mais dans les circuits de commercialisation et de distribution centralisés, les produits sont souvent soumis à un système de classification qui pénalise les produits infestés (**DABRIE *et al.*, 2008**).

I.3.5.3. Formation de moisissures en milieu mal ventilé

Les insectes, les moisissures et les grains eux-mêmes produisent une eau de respiration, libérée par le substrat d'hydrates de carbone. Dans une atmosphère humide, et en présence d'une mauvaise circulation de l'air, les moisissures se développent rapidement et s'agglutinent, causant de graves dommages (**LAMBONI *et al.*, 2009**).

I.3.5.4. Diminution de la faculté de germination des semences

Les dommages à l'embryon de la graine empêchent généralement la germination; certains ravageurs attaquent préférentiellement au germe (LAMBONI *et al.*, 2009).

I.3.5.5. Perte de valeur nutritive

Si les ravageurs prélèvent le germe, il en résultera une réduction de la teneur en protéines du grain (AOUES *et al.*, 2017).

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1. Origine de la matière première**II.1.1. Matériel végétal**

Les deux variétés de légumes secs utilisées dans l'étude sont importées de l'ICARDA, elles se sont adaptées au sol et au climat Algérien au fil des générations au niveau de l'institut national des grandes cultures (ITGC) d'Oued El Semar.

II.1.2. Caractéristiques des légumes secs utilisés

Les légumes secs utilisés (fève, pois chiche) sont mis à notre disposition par la CCLS de Bouira (Coopérative de céréales et de légumes secs), elles sont récoltées en juin 2018.

- ✓ **Fève:** Variété AGUADULCE, de couleur marron foncée et de forme aplatie (**Figure n°03**).
- ✓ **Pois chiche:** Variété FLIP-90, présente une forme anguleuse et une couleur beige (**Figure n°04**).



Figure n°03: Fève (AGUADULCE)
(Originale).

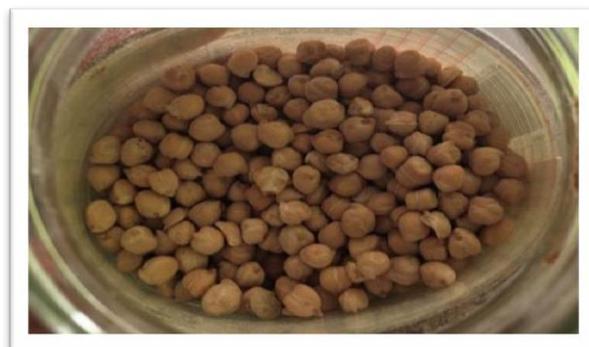


Figure n°04: Pois chiche (FLIP-90)
(Originale).

II.1.3. Préparation de farines

Les différentes opérations suivantes résument les étapes de préparation des farines de pois chiche et fève:

- ✓ Nettoyages et triage manuel: Élimination manuelle des corps étrangers, grains endommagés (Grains moisissés).
- ✓ Décorticage: En particulier, les graines de fèves sont décortiquées manuellement à l'aide d'un pilon (**Figure n°05**).



Figure n°04: Grains de fève décortiqués (Originale)

- ✓ Broyage traditionnel: Cette opération consiste à réduire les grains en particules de plus en plus fines. Le broyage est effectué à l'aide d'un broyeur traditionnel (Figure n°06).



Figure n°05: Broyeur traditionnel (Originale).

- ✓ Tamisage et conditionnement: Cette opération consiste à séparer la partie utilisable (farine) de la partie non utilisable (enveloppes). Le tamisage est effectué à l'aide de tamis traditionnel. Puis conditionner la farine obtenue dans des bocaux en verre et conserver à 4 °C (Figures n°07 et n° 08).

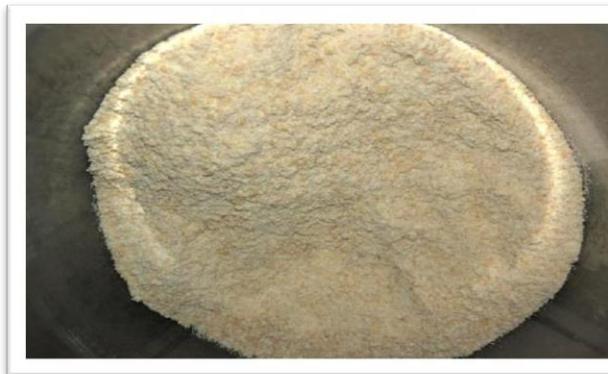


Figure n° 06: Farine de pois chiche (Originale).



Figure n° 07: Farine de fève (Originale).

II.2. Analyses physico-chimiques**II.2.1. PH****❖ Principe**

Pour l'estimation de l'acidité ou l'alcalinité, un échantillon de 5 g est additionné à une solution de 50 mL d'eau distillée bouillante. Après un refroidissement sous agitation continue, la mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre.

❖ Mode opératoire

- a) Peser 5 g de produit (farine de fève, farine de pois chichi, 50 % farine de fève 50 % farine de pois chiche) à analyser dans un bécher rempli d'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- b) Agiter pour homogénéiser le mélange.
- c) Avant de mesurer le pH de produit, il faut étalonner l'appareil.
- d) 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.

II.2.2. Humidité**❖ Principe**

L'humidité est un test s'effectuer sur la farine pour déterminer la teneur en eau d'un échantillon. La perte de masse s'exprimer en pourcentage (**Norme NF ISO 712**).

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

- a) Laver le bécher avec de l'eau distillée.
- b) Sécher le bécher dans l'étuve pendant 15 minutes à 103°C.
- c) Refroidir le bécher dans le dessiccateur durant 30 à 45 minutes.
- d) Dans une balance analytique, peser le bécher vide.
- e) Peser dans le bécher 5 g de produit à analyser.

- f) Introduire le bécher contenant la prise d'essai dans une étuve réglée à 103°C, laisser séjourner une heure et demie.
- g) Retirer rapidement le bécher de l'étuve et le placer dans le dessiccateur pendant 30 à 45 minutes, ensuite le peser.

❖ **Expression des résultats**

$$H\% = \frac{(M1 - M2)}{(M1 - M0)} \times 100$$

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

II.2.3. Taux de cendre

❖ **Principe**

La teneur en matière minérale existant dans les différentes farines est déterminée par incinération d'une prise d'essai de 5 grammes dans un four à 900°C selon la norme **ISO 2171 (2007)**.

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

❖ **Mode opératoire**

- a) Laver le creusé avec de l'eau distillée.
- b) Sécher le creusé dans l'étuve pendant 15 minutes à 103°C.
- c) Refroidir le creusé dans le dessiccateur durant 30 à 45 minutes.
- d) Dans une balance analytique, peser le creusé vide.
- e) Peser dans le bécher 5 g de produit à analyser.
- f) Introduire le creusé contenant la prise d'essai dans un four réglée à 900°C, laisser séjourner 3 heures.
- g) Retirer rapidement le creusé du four et le placer dans le dessiccateur pendant 30 à 45 minutes, ensuite le peser.

❖ Expression des résultats

$$C = (M2 - M1) \times 100/M0$$

Où:

M0: la masse en gramme de la prise d'essai.

M1: la masse en grammes du creusé vide.

M2: la masse en gramme du creusé contenant le résidu après incinération.

II.2.4. Extrait méthanolique

❖ Principe

Extraire la matière grasse (MG) à l'aide du méthanol avec un appareil de type Soxhlet, le solvant est évaporé, l'échantillon est séché et pesé (AFNOR, 1991).

❖ Mode opératoire

- a) Sécher un ballon de 500 ml à 150°C pendant 1h, refroidi au dessiccateur pendant 30 min, puis peser.
- b) Peser 10 g de produit dans la cartouche du Soxhlet et placer à l'intérieur de l'extracteur.
- c) Verser 200 ml du méthanol dans le ballon et 50ml dans le compartiment et la cartouche.
- d) Le ballon est ensuite chauffé pendant 7 h.
- e) Le solvant est éliminé du ballon par rota vapeur.
- f) Le résidu du ballon est séché dans une étuve à 80°C, après refroidissement au dessiccateur pendant 30 min.
- g) Puis pesé le ballon contenant les lipides.

❖ Expression des résultats

Le taux des lipides (MG) est exprimé en % est calculé par la formule suivante :

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

Où:

P1: poids du ballon vide (g).

P2: poids du ballon après évaporation (g).

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

II.2.5. Dosage des protéines

❖ Principe

Le dosage des protéines de la farine a été réalisé par la méthode de KJELDAHL (AFNOR, 1991). Cette méthode consiste à déterminer l'azote total selon la méthode, et par la suite multiplier le taux d'azote total par le coefficient de conversion de l'azote total en protéines pour déterminer le taux de protéine total. Le coefficient de conversion de l'azote total en protéines est de 6.25 pour les légumes secs.

❖ Mode opératoire

- a) **Minéralisation** : Cette étape permet l'oxydation de l'azote organique en azote minéral sous forme de sulfate d'ammonium ;
- ✓ Mettre 2 g de farine dans un matras de minéralisation et ajouter 15 g de catalyseur.
 - ✓ Ajouter 25 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré à 95 %.
 - ✓ Chauffer progressivement en commençant par un refroidissement jusqu'à l'apparition d'une vapeur blanche, ensuite chauffer pendant 4 à 5 h.
 - ✓ Après l'apparition d'une couleur jaune, refroidir la solution à 25 °C par l'ajout de 200 ml d'eau distillé.
- b) **Distillation** : Elle permet la formation d'ammonium (NH₄) en libérant les molécules d'ammoniac (NH₃) qui sont entraînées par la vapeur.
- ✓ Préparer la solution qui va récupérer le NH₃ : en mettant dans un erlenmeyer 20 ml d'acide borique, 30 ml d'eau distillé et 2 gouttes de Tashiro (solution violette).
 - ✓ Placer le minéralisât au quel il a été ajouté 2 gouttes de phénophtaléine, ainsi que la solution préparée précédemment dans le distillateur et démarré la distillation.
 - ✓ Stopper l'appareil une fois que la couleur passe au jaune.
- c) **La titration** :
- ✓ Ajouter quelques gouttes de Tashiro au distillat récupérer.
 - ✓ Titrer avec de l'acide sulfurique à 0,01 N.
 - ✓ Arrêter le titrage au virage du jaune au rose.

❖ Expression des résultats

La teneur en azote (N) est exprimée en gramme pour 100 g 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.

V: Le volume en ml d'H₂SO₄ versé à la titration.

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.

II.2.6. Acidité grasse**❖ Principe**

Mettre en solution les acides gras dans l'éthanol à 95 % à la température du laboratoire, ensuite centrifuger et titrer la partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium (ISO 7305).

• Mode opératoire

- a) Peser 5 g de farine et l'introduire dans un tube de centrifugeuse.
- b) Ajouter 30 ml d'éthanol, puis fermer le tube et agiter manuellement pendant 1h à 20 ± 5°C ;
- c) Laisser reposer 24 h.
- d) Centrifuger à 2000 g pendant 2 min. Répéter cette opération deux fois à 1h d'intervalle.
- e) Passer au titrage : pipeter 20 ml du liquide surnageant dans une fiole conique et ajouter 5 gouttes de phénophtaléine. Titrer à l'aide d'une burette avec la solution d'hydroxyde de sodium 0,05N jusqu'au virage rose pale persistant.

❖ Expression des résultats

L'acidité est exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche :

$$\text{Acidité \%} = 7.35 \times (V1 - V2) \times V / Pe - H$$

Où :

V1: Volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée.

V2: Volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc.

Pe: Masse, en grammes, de la prise d'essai.

V: Titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée.

H: Teneur en eau, en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai.

7,35: Coefficient de conversion en acidité grasse.

II.3. Elaboration des cookies**II.3.1. Présentation du produit**

Le but de cette préparation est d'élaborer un biscuit sous forme d'un cookies sans gluten à base de farine de pois chiche, farine de fève et farine de pois chiche et fève (50 % / 50 %), au quel d'autres ingrédients exemptes de gluten sont ajoutés.

Les quantités des ingrédients et leurs origines sont résumées dans le tableau suivant (**Tableau n°09**).

Tableau n°09: Origine et quantité des ingrédients ajoutés dans cette préparation.

| Ingrédients | Origine | Quantités (en gramme) |
|--------------------------|--|-----------------------|
| Farine de pois chiche | ICARDA | 90 |
| Farine de fève | ICARDA | 90 |
| Sucre | Sucre cristallisé vendu sous le nom de "Skor" de la société "CEVITAL", Bejaïa. | 150 |
| Matière grasse | Margarine végétale de la marque « Matina » fabriquée par Cevital SPA, Bejaia. | 150 |
| cacao | Cacao utilisé est conditionné dans une boîte de 35 gramme vendu sous le nom d'EL Amir de la société Tadj El Amir, Constantine. | 20 |
| Levure chimique | Levure chimique de marque Nouara produite par groupe SIPADES. | 2 |
| Les pépites de chocolats | Chocolat noir concassé marque « ambassadeur » fabriqué par Bimo. | 120 |
| Jaune d'œuf | / | 16 |

II.3.2. Etapes d'élaboration des cookies

- ✓ **Crémage:** consiste à mettre le sucre, la margarine et le jaune d'œuf dans un pétrin, puis mélanger pendant environ 3min à la première vitesse afin d'avoir une texture pommade;
- ✓ **Pétrissage:** ajouter les pépites de chocolat et le cacao, puis incorporer la farine et la levure chimique et pétrir jusqu'à ce que la pâte décolle des parois du pétrin ;
- ✓ **Mise en forme:** Former des boules de 15 g et les placer sur une plaque allant au four ;
- ✓ **Cuisson:** Enfourner les cookies pendant environ 15 min à 180°C ;
- ✓ **Refroidissement:** Refroidir les cookies à une température ambiante avant de les manipuler et les déguster (**Figure n°09**).



Figure n°08: Cookies à base de farine de fève et farine de pois chiche stockés (**Originale**).

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Analyses physico-chimiques des farines

Les résultats obtenus lors des analyses physico- chimiques effectuées sur les farines (farine de pois chiche, farine de fève, mélange des deux farines) sont rapportés dans le tableau suivant (**Tableau n°10**).

Tableau n°10: Résultats des analyses physico-chimiques des farines utilisées.

| Paramètres (%) | Farine de pois chiche | Farine de fève | Mélange des deux farines (50 % pois chiche, 50 % fève) |
|----------------------|-----------------------|----------------|--|
| PH | 5,5 | 5,5 | 5,4 |
| Humidité | 12 | 14 | 16,2 |
| Taux de cendre | 4 | 4 | 4 |
| Protéines | 18,3 | 24,4 | 21,5 |
| Extrait méthanolique | 3,4 | 0,8 | 3,3 |
| Acidité grasse | 0,08 | 0,09 | 0,1 |

III.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 entraînent d'importantes différences de goût, de fraîcheurs et de durée de conservation (**MAPAQ, 2018**).

Les deux farines étudiées (farine de fève et farine de pois chiche) et leur mélange présentent des valeurs du PH qui sont respectivement de 5,5; 5,5 et 5,4. Ces teneurs sont proches de l'acidité comparées aux taux donnés par **SAFIR, (2020)** sur les mêmes matières premières qui sont successivement de 6,65; 6,75 et 5,82. Cette différence semble être due à l'effet du stockage (Récolte 2018) par l'oxydation des lipides et formation des peroxydes.

III.1.2. Humidité (Teneur en eau)

La détermination de la teneur en eau est primordiale, puisqu'elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche (**GODON et al., 1998**), ainsi elle est importante sur le plan économique, pour la détermination du taux d'hydratation et la durée de conservation (**DUBOIS, 1996**). D'autre part, elle est utilisée pour

l'expression des autres déterminations analytiques (protéines, cendres, lipides...etc.) sur une base uniforme, base de matière sèche (**BRADLY, 1998**).

La teneur en eau des farines est un paramètre important qui doit être inférieur ou égale à 15,5 % (**ISO 712**) pour que la farine se conserve convenablement. La farine du mélange (fève et pois chiche) étudiée possède une teneur en eau égale à 16,2 %.

La farine de pois chiche analysée présente une teneur en eau de 12 % supérieure à celle trouvée par **BENATALLAH (2009)** et **BENKADRI (2010)**, qui sont respectivement de 10.77 % et 11.13 %.

Concernant la farine de fève, elle présente une teneur en eau égale à 14 % supérieure à celle trouvée par **SAFIR (2020)** (11,6 %).

L'augmentation des taux d'humidité enregistrés pour les matières premières utilisées dans l'étude est possible due aux mauvaises conditions de stockage et à l'absorption de l'humidité de l'air par les produits stockés.

III.1.3. Taux de cendre

Le taux de cendres représente les résidus inorganiques restant après l'incinération de la matière organique dans les produits alimentaires. C'est le contenu total en minéraux (**HARBERS, 1998**).

Le taux de cendres pour la farine de pois chiche étudiée estimé de 4% est supérieur de celui rapporté par (**SCHAKEL et al., 2004**) qui est de 2.82 %.

Quand à la farine de fève et farine du mélange, elles présentent un taux de cendre égale à 4 %. Cette valeur est supérieure à celle trouvée par **AMMOUCHE (2002)** qui est de 2,78%.

III.1.4. Teneur en protéines

De nombreux auteurs se sont intéressés aux protéines de légumes secs, leurs teneurs jouent un rôle prépondérant dans l'expression de la qualité nutritionnelle d'un aliment. En règle générale, plus la teneur en protéines est élevée plus la qualité de la farine est meilleure.

La farine de pois chiche analysée présente un taux en protéines de l'ordre de 18,3 % de la matière sèche, ce qui est inférieur à ceux trouvés par **AMMOUCHE (2002)**, et **SAFIR (2020)** qui sont estimés à 22,22 % et 22,18 %.

Pour la farine de fève consacrée à cette étude, la teneur en protéines enregistrée avoisine 24,4 %, ce taux est inférieur aussi à ceux annoncés par **AMMOUCHE (2002)**, et **SAFIR (2020)** (même pourcentage 30,43 %).

Concernant le mélange des deux farines étudiées, la valeur en protéines trouvée est égale à 21,5 % ce qui est inférieure à celle donnée par **SAFIR (2020)** (23,68 %).

Cette diminution de taux de protéines remarquée dans les trois types de farines consacrées à l'étude (farine de pois chiche, farine de fève et farine du mélange 50 % pois chiche et 50 % fève) est probablement due à la dégradation de la matière protéique au cours de la période de stockage (récolte 2018) sachant que les insectes des stocks ciblent le lieu de réserve des nutriments (les cotylédons) d'où leur détérioration (**REMOND, 2017**).

III.1.5. Extrait méthanolique

La farine de pois chiche étudiée, présente une teneur en lipides de l'ordre de 3,4 %. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par **SCHAKEL et al., (2004)** et **SAFIR (2020)** qui sont estimées à 6,68 % et 5,47 %. Celle-ci reste, cependant, supérieure à celle trouvée par **BENATALLAH (2009)** avec un taux de 2,21 %.

Quand à la farine de fève, la teneur en lipide trouvée est faible (0,8 %), elle est inférieure à celle trouvée par **AMMOUCHE (2002)** et **SAFIR (2020)** (même pourcentage 1,82 %).

La farine du mélange (farine de fève et farine de pois chiche) étudiée présente une teneur en lipides de l'ordre de 3,4 % ce qui est inférieure à celle trouvée par **SAFIR (2020)** qui est de 5,3 %.

La dégradation remarquée de la teneur en lipides dans les trois farines étudiées est possible due à l'oxydation des acides gras au cours de stockage avec un dégagement d'une odeur nauséabonde prononcée.

III.1.6. L'acidité grasse

L'acidité grasse constitue un indice d'altération de la qualité technologique de la farine. Elle peut être due à l'oxydation des acides gras polyinsaturés, qui provoque une dégradation enzymatique des lipides catalysés par la lipoxygénase, qui provoque par la suite un réarrangement des liaisons disulfures au sein du réseau protéique (**FEILLET, 2000**); ou par une réaction chimique en présence d'oxygène à la température ambiante (auto- oxydation) ou activé par la lumière (photo- oxydation).

Le taux d'acidité d'une farine ne doit pas dépasser 0,05 %, lors de l'analyse des échantillons, nous avons trouvé un pourcentage d'acidité grasse égale à 0,09 % pour la farine de fève, 0,08 % pour la farine de pois chiche et 0,1% pour la farine du mélange des deux farines, ces valeurs dépassent la norme préconisée.

Cette augmentation se traduit par les différentes activités enzymatiques; la lipase étant active à 20°C, ou peut être due à une influence de la lumière qui active l'oxydation chimique de fait que la matière première consacrée à cette étude est stockée à l'air libre.

III.2. Analyses physico-chimiques du biscuit élaboré

Les résultats obtenus lors des analyses physico-chimiques effectuées sur les cookies sont rapportés dans le tableau suivant (**tableau n°11**).

Tableau n°11: Résultats des analyses physico-chimiques des cookies élaborés.

| Paramètres Echantillon | PH | Humidité (%) | Teneur en cendre (%) | Protéine (%) | Extrait méthanolique (%) | L'acidité grasse (%) |
|---------------------------|-----|--------------|----------------------|--------------|--------------------------|----------------------|
| Cookies | 5,4 | 4 | 2,9 | 18,5 | 7,2 | 0,1 |

III.2.1. PH

D'après les résultats mentionnés dans le tableau n°11, nous constatons que le PH du produit fini (cookies) a une valeur de 5,4. Cette teneur est au dessous de la norme exigée (Neutralité). L'augmentation du PH est possible du à l'oxydation des lipides surtout les triglycérides au cours du stockage.

III.2.2. Humidité (Teneur en eau)

Nous avons remarqué une importante diminution entre la teneur en eau de la farine de mélange (pois chiche et fève) et celle du produit fini (de 16,2 % à 4 %).

Cette diminution est probablement due aux conditions de cuisson et l'évaporation de l'eau de produit fini sous l'effet de la chaleur. Cette faible teneur en eau préserve les cookies élaborée de la prolifération des microorganismes et favorise leur bonne conservation.

III.2.3. Taux de cendre

Pour la matière minérale, elle passe de 4 % avant cuisson à 2,9 % après cuisson. Cette diminution s'explique par une perte de minéraux solubles contenus dans les graines par leur dissolution dans l'eau évaporée de la pâte biscuitière lors de la cuisson (AYEN TCHEGNON *et al.*, 2017; NOUT *et al.*, 2003).

III.2.4. Teneur en protéines

D'après le tableau n°11, nous constatons que le produit élaboré (cookies) présente une légère diminution de la teneur en protéine passant de 21,5 % à 18,5 %, cette diminution est due à 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 et aussi due à la dégradation de la composition biochimique des graines de légumineuses stockées.

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

III.2.5. Extrait méthanolique

D'après les résultats trouvés, nous remarquons une augmentation de la teneur en lipides des biscuits qui passe de 3,3 % à 7,2 %; probablement due à l'ajout de la matière grasse végétale (margarine) au cours de la préparation des cookies. L'addition 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. Cependant, ce taux est

légèrement inférieur à celui cité par **SAFIR, (2020)** qui est de 8,5 % à cause de la dégradation des lipides pendant le stockage.

III.2.6. Acidité grasse

Lors de la cuisson, la présence de la levure donne naissance au CO₂ qui abouti aux acides organiques (Fermentation alcoolique), et ces derniers sont responsables du gout acide des produits élaborés. Cette différence d'acidité n'est pas vraiment importante et presque négligeable (0,1 % avant cuisson devient 0,2 % après cuisson). Ces faibles taux d'acidité grasse indiquent une faible oxydation des matières grasses comparés aux taux d'acidité plus élevés rapportés par **PRASANT KUMAR et al., (2012)** lors de la conservation des biscuits, soit variant entre 0,36 % et 0,60 %.

III.3. Résultats de l'analyse sensorielle

Les résultats de l'évaluation sensorielle sont représentés dans l'histogramme graphique pour comparer visuellement les critères sensoriels (**Figure n°10**).

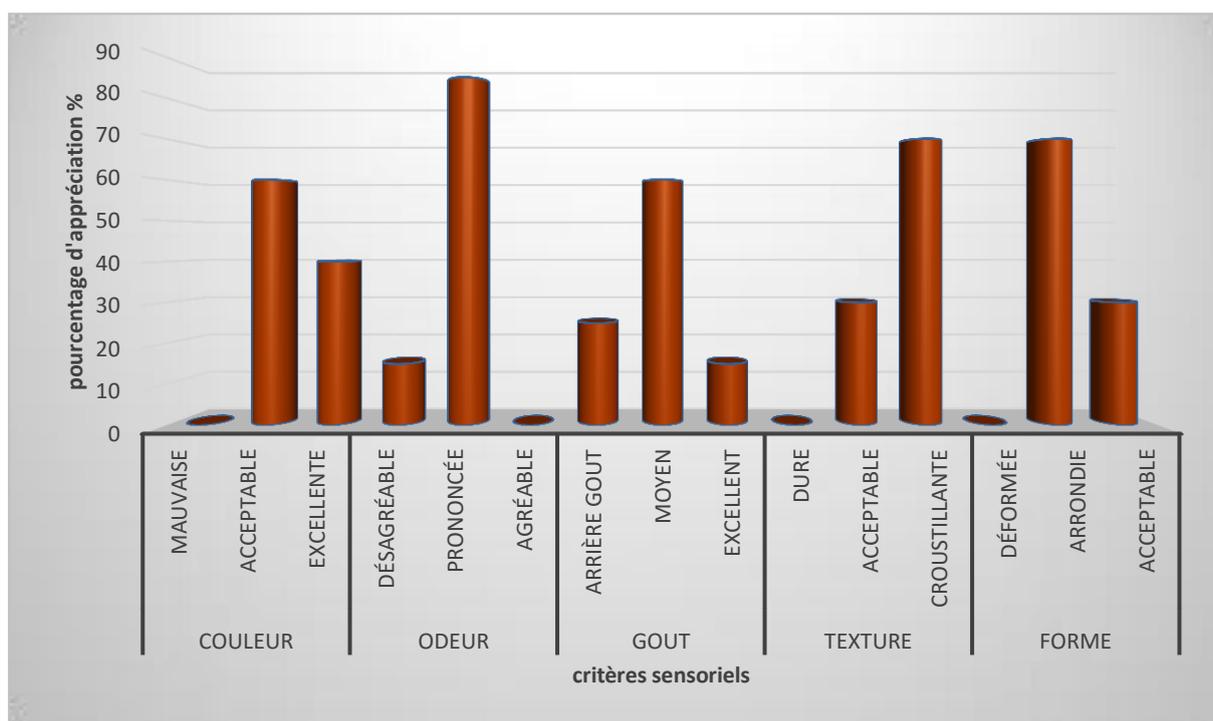


Figure n°9: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini « Cookies ».

III.3.1. Couleur

La couleur est le premier paramètre que le consommateur observe. Elle est influencée par le brunissement enzymatique, elle se manifeste par une couleur brune et dépend du temps et de la température de cuisson (**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**).

Les résultats de l'analyse de la couleur relèvent que 60 % des personnes ont jugé que la couleur du biscuit est acceptable, et 40 % ont jugé que la couleur est excellente (**Figure n°10**).

III.3.2. 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**).

L'odeur est un critère qui nous renseigne sur la fraîcheur du produit, la figure n°10 montre que les dégustateurs ont jugé que l'odeur est plus au moins prononcée avec un pourcentage très élevé qui est de 85 %. Cependant, 15 % des dégustateurs ont signalé une odeur de ranci due à l'effet de stockage.

III.3.3. 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**).

Les résultats de l'analyse sensorielle obtenus (**Figure n°10**), montrent qu'une partie des dégustateurs considèrent le biscuit bon (moyen) avec un pourcentage de 45 %, l'autre partie des dégustateurs (25 %) admettent que le biscuit présentent un arrière goût ce qui est certainement du au rancissement des lipides pendant la durée de stockage.

III.3.4. Texture

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**).

D'après les résultats obtenus (**Figure n°10**), 70 % des dégustateurs trouvent que le biscuit élaboré est croustillant.

III.3.5. Forme

La forme est un paramètre indispensable à l'évaluation d'un point de vue générale de l'apparence du produit fini. D'après les résultats sensoriels (**Figure n°10**), nous constatons que 85 % des dégustateurs jugent que la forme de produit fini « cookies » est Arrondie.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail porte sur l'étude de l'effet de stockage sur la dégradation de la composition biochimique de certaines légumineuses cultivées en Algérie (Pois chiche de variété Flip 90, Fève de variété Aguadulce) (récoltées en juin 2018), ainsi que l'effet de cette détérioration de la matière première sur la qualité nutritionnelle de biscuit « cookies » sans gluten élaboré à base de farines de ces deux légumineuses.

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

Les analyses physico-chimiques de la matière première montrent que les farines étudiées présentent une augmentation du taux d'humidité par rapport aux normes, à cause des mauvaises conditions de stockage.

Pour la teneur en protéines des farines, nous remarquons une diminution due à la dégradation de la matière protéique très sensible à l'attaque des insectes des stocks, et une diminution aussi de la teneur en lipides qui est due à l'oxydation des acides gras au cours de stockage.

De différentes activités enzymatiques se produisent dans les stocks induisant à l'augmentation de l'acidité par libération de peroxydes ce qui provoque une diminution de PH des deux farines étudiées.

Les résultats de l'analyse physico-chimiques du produit fini « cookies » indiquent que le produit élaboré est nettement influencé par la détérioration de la matière première issue des variétés de légumineuses pois chiche et fève stockées utilisées dans cette étude.

Pour la teneur en protéines, nous remarquons une importante diminution entre la valeur enregistrée pour les farines de mélange et celle du produit fini (de 21,5 % à 18,5 %), Cette diminution est due d'une part aux conditions de stockage et d'autre part à la dénaturation des protéines pendant la cuisson du biscuit élaboré.

L'ajout de la matière grasse végétale (margarine) lors de la fabrication des cookies conduit à une légère augmentation de l'extrait méthanolique ce qui contribue à l'amélioration de la qualité gustative du produit fini.

Conclusion générale

Le profil sensoriel montre que les cookies élaborés présentent une qualité organoleptique peu acceptable, caractérisé par une couleur néanmoins acceptable (60%), une odeur prononcée (85%), un goût moyen (60%), une texture plus au moins croustillante (70%), et une forme arrondie (70%).

En perspective de cette étude, il est souhaitable de:

- ✓ Stocker la matière première dans un endroit aéré et non humide qui permet une bonne conservation.
- ✓ Elucider l'effet de stockage sur d'autres caractéristiques physico-chimiques (teneur en amidon, teneur en acide phytique...).
- ✓ Procéder aux analyses microbiologiques.
- ✓ Etudier l'effet du stockage sur le comportement rhéologique des cookies.
- ✓ Elaboration des produits diététiques à base de farine de pois chiche et de fève tels que le pain, les pâtes alimentaires...
- ✓ Faire une étude économique sur le coût des produits élaborés.

Chercher d'autres moyens de préservation de la matière première de la dégradation au cours de stockage à savoir l'utilisation de produits biologiques et les moyens physiques (Lazer...).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

ABD EL-MEGEID, A., ABDALLAH IZA, ELSADEK, M. F., et ABD EL-MONEIM, YF. (2009). The protective effect of the fortified bread with green tea against chronic renal failure induced by excessive dietary arginine in male albino rats. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 4: 107-117.

AFNOR, (1991). Céréales et produits céréaliers. Détermination de l'amidon et de protéines. Association Française de Normalisation. Edition AFNOR, Paris, 264, 360 p. AFT.

AGBAKA, A. (2011). Protection des stocks de céréales et de légumineuses, monographie de cours 10p.

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 R Grignon, 207 p.

ALI R et MUZQUIZ, M. (1998). ANFs in tropical legume seeds for human nutrition, in Jansman A J M, Hill G D, Huisman J, Vander poell A F B. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and reseed, pp 207-213.

AMARI. (2014). Etude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste et Eucalyptus) sur activité biologique de l'insecte. Mémoire de Magister ; Unvi .M.M.T.O.83p.

AMMOUVHE, Z. (2002). Etude biochimique de la valeur nutritive de quelques légumineuses (Fève, Fèverole, pois chiche) : possibilité d'incorporation dans les produits céréaliers. Thèse Magister. INA, EL HARRACH, ALGER.

AOUES, K., BOUTOUMI, H., ET BENRIAM, A. (2017). Etat Phytosanitaire du Blé Dur Locale Stocké en Algérie. *Revue Agrobiologia*, 7(1) : 286-296.

Références bibliographiques

ARDENT, E. K., RENZETTI, S., & FABIO DAL BELLO. (2009). Dough Microstructure and Textural Aspects of Gluten-Free Yeast Bread and Biscuits. In *Gluten-Free Food Science and Technology*, GALLAGHER E. Wiley-Blackwell. UK. Pp 107-125.

ASSAD-BUSTILLOS, M., TOURNIER, C., CHIRON, H., GUESSASMA, S., SEPTIER, C., DELLA VALLE, G., & FERON, G. (2020). Impact de l'incorporation en protéines de légumineuses (pois et fève) dans des produits céréaliers (brioche et génoise) à destination de personnes âgées sur la transformation orale et la digestibilité in vitro des protéines. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 55(6), 317-324.

AYENA TCHEGNON, A.C., AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, M., ANAGO, E., AHISSOU, H., MENSAH, G.A., et AGBANGLA, C. (2017). Composition en vitamines et en minéraux des graines de *Pterocarpus santalinoides* L'Hér. Ex de. (Papilionoideae), une plante alimentaire et médicinale de l'Afrique de l'Ouest. *TROPICULTURA*, 35(1), 61-69.

AYKROYD, W., et DOUGHTY. (1982). Les graines des légumineuses dans l'alimentation humaine. 2ème édition, n 20 FAORome .17.p

B

BALACHOWSKY, A.S. (1962). Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cie, Tome I. Vole I, 564 p.

BENATALLAH, L. E. (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.

BERNE, J. J., et DARDY, J.M. (1987). La bruche sur fèverole : Un ravageur bien difficile à maîtriser. *Phytoma. Défense des cultures*. Phytoma, N° 338, pp 30-32.

Références bibliographiques

BOUGHADAD, A. (1994). Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia faba* L. au Maroc. Thèse d'état en science, N°3628 Université de Paris Sud Orsay, 182p.

BOUGHADAD, A., (1996). *Bruchus rufimanus*, un insecte ravageur des graines de *V. faba* L., au Maroc. Réhabilitation of faba bean Ed Actes. pp 179-184.

BOULEHLIB, A., BOULETIOUR, D., LATLI, H., & DJABAL, S. E. (2020). Composition nutritionnelle de la fève sèche (*Vicia faba* L): Effet du traitement thermique [Université de Jijel].

BOULETREAU, M. (1998). Parasitisme et génétique dans le monde des insectes. Pour la science, 123 : 78-87.

BOYE, J., ZARE, F., et PLETCH, A. (2010). Pulse proteins : Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431.

BRADLEY, J. R. (1998). Moisture and Total Solids Analysis. In *Food Analysis*. Ed. NIELSEN S.S. 2nd Edition. Aspen Publishers, pp. 119-140.

C

CAHAGNIER, R-B. (1996). Céréales et produits dérivés, Tec et Toc, Lavoisier, Paris : 392-413.

CASARI, S.A., et TEIXEIRA, E. P. (1997). Description and biological notes of final larval instar of some seed beetles (Coléoptère : Bruchidae), *Annales de la société entomologique de France*. Vol 33 (3) : 295-323.

CASAS, M., PALACIOS, B., CRRASCOSA, G., BERNAD, I., BELLO, A., MONZO, M., et SEGOVIA, G. (2015). Evaluation of textural and sensory properties on the typical Spanish small cakes designed using alternative flour. *Journal of culinary science and technology*. 13(1): 19-28 DOI:10.1080/15428052.2015.1041111

CASWELL, G. H. (1960). The infestation of cowpeas in the Western region of Nigeria. *Tropical Science*, pp: 154-158.

Références bibliographiques

COLLINS, P.J. (1990). A new resistance to pyrethroids in *Tribolium castaneum* (Herbst), *Pestic Sci* (United- Kingdom), n° 1, Vol 28, pp 101-115.

COLOMBET, Z., LAMANI, V., ALL2S, B., TERRIEUX, P., DUCROT, A., DROGUE, S., & MEJEAN, C. (2022). Les déterminants de la transition nutritionnelle dans les Antilles françaises. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 57(1), 37-58.

CRONK, Q., OJEDA, I., et PENNINGTON, R.T. (2006). Legume comparative genomics: progress in phylogenetics and phylogenomics. *Cur Opin Plant Biol* 9: 99-103.

CRUZ, J-F., et DIOP, A. (1989). Génie agricole et développement, techniques d'entreposage. FAO, Italie: 7.

D

DABRIE, C., NIANGO, BA.M., SANON, A. (2008). Effects of crushed fresh *Cleome viscosa* L. (Capparaceae) plants of the storage pest, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of pest management*, 54(4), 319-326.

DARIMONT, L. (2022). Conception de biscuits pour enfants à base de farine de pois chiches.

DELOBEL, A., & TRAN, M. (1993). Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Paris, 424 p.

DOUMANDJI, A., DOUMANDJI, S., et DOUMANDJI, M-B. (2003). Le stockage et la lutte contre les ennemis des céréales. Séminaire- la minoterie et les industries céréalières : 4-14.

DUBOIS, D. (1996). Les farines : caractéristiques des farines et des pâtes. In : industries des céréales. N°97. Ed : Lavoisier. Paris.

DUPONT, P. (1990). Contribution à l'étude des populations de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH). Analyse des relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte. Thèse de doctorat d'état. Université de Tours, 168p.

DURON, L. (1999). Le transport maritime des produits céréaliers, mémoire pour dess, université Marseille: 81.

Références bibliographiques

E

ERANTO, R. H. (2016). Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II UNIVERSITE D'ANTANANARIVO].

F

FAO. (1984). Perte de qualité des graines alimentaires après la récolte, étude FAO alimentation et nutrition. Rome: 17.

FAO. (1994). Etude FAO, Forêts. Forest service, Rome: 12-16.

FAO (2020). La FAO souligne le rôle des légumineuses dans la lutte contre la faim et en vue de parvenir à des régimes alimentaires sains pour tous.

FEILLET, P. (2000). Le grain de blé composition et utilisation. INRA, Paris: 53.

FIELDS, P. G. (2001). Ravageurs des entrepôts de grains et des produits alimentaires, Ed Centre de recherche sur les céréales, Canada, pp 698-699.

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

G

GALLAGHER, E., GORMLEY, T. R., & ARENDT, E .K. (2004) a. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science & Technology, 15: 143 R 152.

GALLAGHER, E., MCCARTHY, D., GORMLEY, R., & ELKE ARENDT, E. (2004) b. Improving the quality of gluten-free products. The national Food Centre. Research & Training for the Food Industry. Research Report No 67. 28 p.

GALLAGHR E. (2008). Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In Gluten Free Cereal Products And Beverages, ARDENT E.K. & FABIO DAL BELLO. First Edition, Academic press, Elsevier, pp 321-341.

GEPTS, P., BEAVIS, WD., BRUMMER, E.C., SHOEMAKER, R.C., STALKER, H.T., WEEDEN, N.F., et YOUNG, N.D. (2005). Legumes as a model plant family. Genomics for

Références bibliographiques

food and feed report of the cross-legume advances through genomics conference. *Plant Physiology* 137: 1228-1235.

GODON, B., et WILLM, C. (1998.) "Les industries de première transformation des céréales". 2 ème édition, collection STAA. 656P.

GOYOGA, C., BURBANO, C., CUADRADO, C., ROMERO, R., GUILLAMO, NE., VARELA, A., PEDRSA, MM., MUZQUIZ, M. (2011).Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seeding growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of food composition and analysis*, 24, 391-397.

GUIRAUD, J-P. (2003). Microbiologie alimentaire. Duond, Paris. 651 P.

H

HARBERS. (1998). Ash analysis. In *Food analysis*. Ed. NIELSEN S.S. 2nd Edition. Aspen publishers, pp. 141-150.

HELETTE. (2002). Les légumes de votre marché : cuisine et santé. Ed De Borée. Paris. 439p.

HOFFMANN, A. (1945). Faune de France, Bruchidae, Ed. Paul le chevalier, Paris T44, 184 p.

HOFFMANN, A., et LABEYRIE, V. (1962). Sous famille des Bruchidae. In Balachowsky A.S., *Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, Tome I, Volume I*, Ed. Masson et Cie, pp 185-188.

HUIGNARD, J., GLITHO, A., MONGE, J. P., ET REGNAULT-ROGER, C. (2011). Insectes ravageurs des grains de légumineuses. *Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique*. Ed. Quæ, Paris, 145p.

I

IQBAL, A., ATEEQ, N., KHALIL, I. A., PERVEEN, S., et SALEEMULLAH, S. (2006). Physicochemical characteristics and amino acid profile of chickpea cultivars grown in Pakistan. *Journal of Foodservice*, 17(2), 94101.

J

Références bibliographiques

JARD N. (1995). Les maladies des grains- Tome I. Université. Omar Mokhtar, LYBIE: 517-522.

K

KEITA, S. M., VINCENT, C., SCHMIDT, J. P., AMASON, J. T., and BELANGER, A. (2001). Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab)(Coleoptera: Bruchidae), *J Stored Prod Res*, Vol 37, pp 339-3349.

KELLOUCHE, A. (2005.) Etude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* F (Coléoptera Bruchidae), physiologie, reproduction et lute, Thèse Doctorat d'état en Science Naturel, Univ T.O.Z, Spécialité : Entomologie, 216P.

KIGER, JL., et KIGER, JG. (1967). Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisseriesboulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.

KUMAR, M. A., TIMM, D. E., NEET, K .E., OWEN, W. G., PEUMANS, W. J., and RAO, A. G. (1993). Characterization of the lectin from the bulbs of *Eranthis hyemalis* (Winter aconite) as an inhibitor of protein synthesis, *J Biol Chem*, n° 33, Vol 268, pp 25176-25183.

L

LAMBONI, Y., HELL, K. (2009). Propagation of mycotoxigenic fungi in maize stores by post-harvest insects. *International Journal of Topical Insect Science*, 29(1), 31-39.

LUO, YW., XIE, WH., (2013).Effect of different processing methods on certain antinutritional factors and protein digestibility in green and white faba bean (*Vicia faba* L.). *Cytazéaw-Journal of Food*, 11(1), 43-49.

M

MAACHE- REZZOUG, Z., BOUVIER, J. M., ALLAF, K., & PATRAS, C. (1998). Study of Mixing in Connection with the Rheological Properties of Biscuit Dough and Dimensional Characteristics of Biscuits. *Journal of Food Engineering*. 35: 43-56.

MAATOUGUI, M. E. (1996). Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. *Céréaliculture* 29 : 6-14.

Références bibliographiques

MAMAT, H., et HILL, SE. (2014). Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9): 1998-2005.

MANICKAVASAGAN, A., et THIRUNATHAN, P. (2020). Pulses : Processing and Product Development. Springer International Publishing.

MAPAQ. (2018). Caractérisation et indentification d'un aliment potentiellement dangereux.

MEDJDOUB-BENSAAD, F. (2007). Etude bioécologique de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH.1833) (Coleoptera : Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou : Thèse de doctorat d'état. Université de TiziOuzou. 130p.

MENARD, G., EMOND, S., SEGIN, R., BOLDUC, R., BOUDREAU, A., MARCOUS, D., MOUTERDE, O., BEN HARIZ, M., et DUMANT, C., (2008). Le nouveau visage de la maladie cœliaque. *Archives de pédiatrie*, 15: 501-503.

MOREL-CODREANU, F., CHENTOUH, M. M., MULLER, T., PETIT-CORDEBAR, V., WANNIANG, N., KUEHN, A., DIVARET-CHAUVEAU, A., & HILGER, C. (2023). Allergie aux légumineuses dont arachide : les liens. *Revue Française d'Allergologie*, 63(3), 103295.

MOUHOUCHE, F., (1997). Principaux ravageurs des fèves en Algérie, p 33 cité dans les maladies, les adventices et ravageurs des fèves en Algérie. Manuel de formation, Rés.Mghr.Rech.surfèves(Rémafève) Inst.Tech.Agr.Inst.Nati.Pro.Vég.Inst.Agro.,52p.

MULTON, J. L., (1982). Conservation et stockages des grains et graines et produits dérivées. Ed .Lavoisier, Paris. Vol.01; pp 22 ; 415 ; 428-431.

N

NDANGUI, CB. (2015). Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoeabatatas. Lam*) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat en Co-tutelle en Procédés et Biotechnologiques Alimentaires. Université de Lorraine et Université Marien Ngouabi. 134 p.

NORME ISO712. (1979). Céréales et produits céréaliers f Détermination de la teneur en eau.

Références bibliographiques

NORME ISO 2171. (2007). Céréales, légumineuses et produit dérivés í Dosage du taux de cendre par incinération.

NORME ISO 7305. (2019). Produits de mouture des céréales í Détermination de l'acidité grasse.

NORME (NF ISO 712) (V03-707): céréales et produits céréaliers-Détermination de la teneur en eau.

NOUT ROBERT., HOUNHOUGAN JOSEPH, D., TINY VAN BOEKEL. (2003). Les aliments, transformation, Conservation et Qualité. BaeckhysPublishers, Wageningen, Netherlands.

P

PFOHL-LESZKOWICZ, A. (2001). Les mycotoxines dans l'alimentation: évaluation et gestion du risque. Tec et Doc: 3-14.

POINTEREAU, P. (2001). Légumineuses: quels enjeux écologiques? Le Courrier de l'environnement de l'INRA(44), 69-72.

PRASANTH KUMAR, P.K., SAI MANOHAR, R., INDIRAMMA, A.R., GOPALA KRISHNA, A.G. (2014). Stability of oryzanol fortified biscuits on storage. Journal Food Science and Technology 51(10):2552-2559, doi 10.1007/s13197-012-0712-1.

PROFERT. (2019). Notice technique des légumineuses, article sur site : <http://profert.dz/fr/index.php/notice-technique-protection-protection-legumineuse/>.

R

RAJENDRAN, S. (2002). Postharvest pest losses. *Encyclopedia of Pest Management* (Print), 654-656.

REMOND D. (2017). Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effet sur la santé. Research gate. Net/ publication.

RIO, C. (2017). Les légumes secs, aliments de choix à valoriser. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 52(2), 71-77.

Références bibliographiques

RITCHIE, H., et ROSER, M. (2020). Agricultural Production. Our World in Data.

S

SAFIR, S. (2020). Elaboration d'un biscuit « Cookies » sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève. Mémoire de master.

SAXENA, M. C. (1992). Current status and prospects of kabuli chickpea production In: disease resistance breeding in chickpea international center for agricultural research in the dry areas .Aleppo.syria : 185pp.

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. Pp 441.

SERPEILLE, A. (1991). La bruche du haricot : un combat facile ; bulletin. F.N.M.S N°116 :32- 54.

SHAKOORI, A. R., MALIK, M. Z., and SALEM, M. A. (1993). Toxicity of Karate to Malathion resistant Pakistan strain strain of *Tribolium castaneum* (Herbst) adults, Pakistan, J Zool, Vol 25, pp261-271.

SHARMA, A., et ZHOU, W. (2011). A stability study of green tea catechins during the biscuit making process. Food Chemistry, 126: 568-573.

SHIH, C., GEPTS, P. L., and WHI TAKER, J. R., (2002). Proteins structures of common bean, *Phaseolus vulgaris*, J Agrc Food Chem, Vol 50, pp 6618-6627.

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

SIRET, C. (2000). Structure des aliments. Techniques d'ingénieur: 11.

SIMON, HINKLEY., & KEN, WALKER., MUSEUM, VICTORIA. (2012). Biosecurity and Biodiversity.

SOLTNER, D. (1990). Les bases de la reproduction végétale. Sol, climat, plante. Ed. Lavoisier, 464 p.

Références bibliographiques

STAMM, S. (2014). Projet de réduction des pertes Post-Récolte. Bulletin de Juin 2014.

SUSZKA, B., MULLER, C., et BONNET MASIMBERT, M. (1994). Graines des feuillus forestiers : de la récolte au semis. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris: 30-31.

T

THARRAULT, JF. (1997). Qualité biscuitière des farines de blé tender: des blés biscuitiers pour une bonne maîtrise de la texture des biscuits. In, GODON B. et OISEL W. Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Lavoisier. Tec. et doc. Paris, 819 p.

V

VARSHNEY, R. K., SONG, C., SAXENA, R. K., AZAM, S., Yu, S., SHARPE, A. G., CANNON, S., BAEK, J., ROSEN, B. D., TARAN, B., MILAN, T., ZHAG, X., RAMSAY, L. D., IWATA, A., WANG, Y., NELSON, W., FARMER, A. D., GAUR, P. M., SODERLUND, C., et COOKk, D. R. (2013). Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. *Nature Biotechnology*, 31(3), 240-246.

Z

ZHOU, W. (2014). *Bakery Products Science and Technology*. 2^{ème} édition. Wiley blackwell, 776 p.

ZINE-ZIKARA, F., BOUZID, L., & YEKKOUR, A. (2015). Le pois chiche en Algérie: situation, potentialités et perspectives. *Recherche Agronomique*, 27, 35-47.

Annexes

Annexes

Annexe n°01 : fiche de test d'intensité pour les cookies.

Université Akli Mohand Oulhadj

Département SNV

Spécialité : Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité

Test de dégustation (cookies) mai 2023.

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

Prononcée

Agréable

Goût :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|

Arrière-goût

Moyen

Excellent

Texture :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|

Dure

Acceptable

Croustillante

Forme :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|

Déformée

Acceptable

Arrondie

Annexes

Annexe n°02 : Evaluation de la qualité organoleptique des cookies.

Tableau 1 : Résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique des cookies.

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

Annexes

Annexe n°03 : Matériel et réactifs utilisés au laboratoire.

1. Réactifs utilisés

Méthanol 250 ml pour chaque produit.

30 ml d'éthanol (pour chaque produit)

NaOH (0.05N)

Phénophtaléine (5 gouttes)

2. Matériel utilisé

2.1. PH



Figure n°01: PH mètre (Originale).

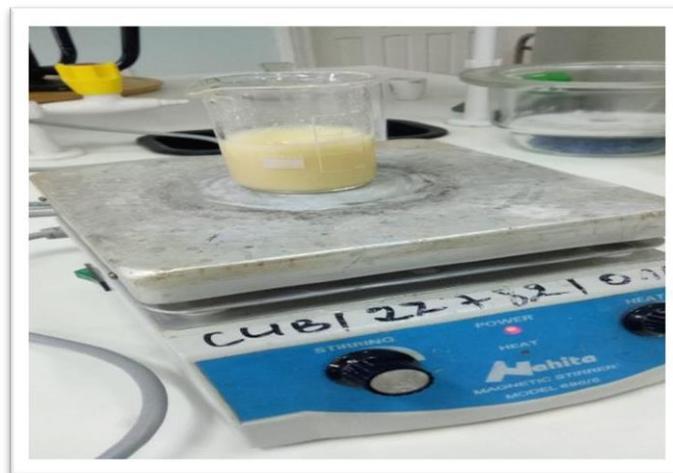


Figure n°02: Agitateur mécanique (Originale).

2.2.Humidité (teneur en eau)



Figure n°03: Séchage des béchers dans l'étuve (Originale).

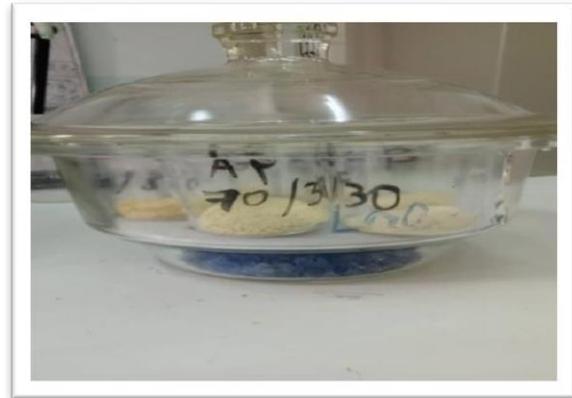


Figure n°04: Dessiccateur (Originale).



Figure n°05: Etuve (Originale).

2.3.Teneur en cendre



Figure n°06: Creusés (Originale).



Figure n°07: Four (Originale).



Figure n°08: Creusés contenant le résidu après incinération (Originale).

2.4. Dosage des lipides totaux



Figure n°09: Appareil de type Soxhlet (Originale).

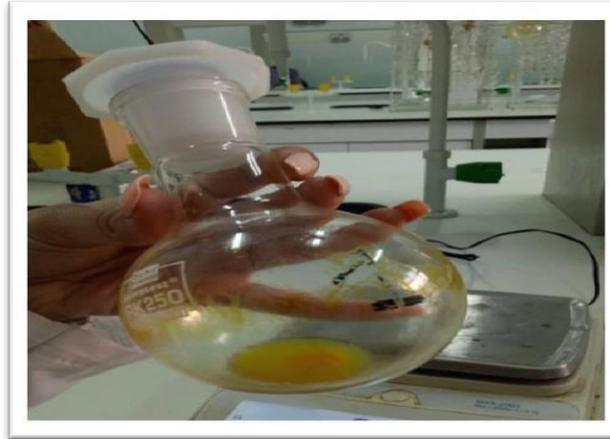


Figure N°10: ballon contenant les lipides (Originale).

2.5. Acidité



Figure n°11: Tube de centrifugeuse (Originale).

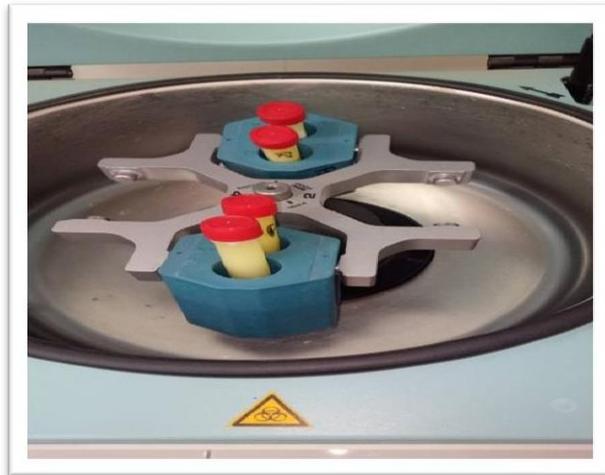


Figure n°12: Centrifugeuse (Originale).



Figure n°13: Virage rose pâle après titrage (**Originale**).

Résumé

La présente étude porte sur l'impacte des dégâts causés par les insectes des stocks sur la qualité nutritionnelle et la composition biochimique des deux légumineuses étudiées à savoir le pois chiche de variété Flip 90 et la fève de variété Aguadulce ainsi que la détérioration des qualités nutritionnelle et sensorielle du produit fini (cookies) élaboré à base de la farines de ces légumes secs.

Les analyses physico-chimiques et le profil sensoriel montrent que la matière première (farine de fève et farine de pois chiche) ainsi que le biscuit confectionné par le biais de ces deux farines ne répondent pas aux normes exigées par les différents organismes alimentaires et aussi ne satisfont pas les exigences des consommateurs surtout de point de vue qualité organoleptiques d'après le jury de dégustation.

Mot clé: Insecte du stock, fève, pois chiche, farine sans gluten, analyse physico-chimique, cookies, dégradation biochimique.

Abstract

This study focuses on the impact of damage caused by insects in stocks on the nutritional quality and biochemical composition of the two legumes studied, namely the chickpea of the Flip 90 variety and the bean of the Aguadulce variety, as well as the deterioration of the nutritional qualities. And sensory effects of the finished product (cookies) made from the flour of these legumes.

The physico-chemical analyzes and the sensory profile show that the raw material (bean flour and chickpea flour) as well as the biscuit made using these two flours do not meet the standards required by the various food organizations and also do not do not meet consumer requirements, especially from an organoleptic quality point of view, according to the tasting panel.

Key word: Stock insect, broad bean, chickpea, gluten-free flour, physico-chemical analysis, cookies, biochemical degradation.

ملخص

حزك ڤڤي انذراس عهى حاكيز انضزر انذبي حسيب انحشراث نا انمخرواث عهى انجدة انغذائيت انخزكيب انكيمائيت انحڤي نبلينغيه انمذرسغيه رما انحمص انبال ، كذذك حذر انصفاث انغذائيت انصنن نميخج انوائت انبركهوج . مصراع م دللك ڤڤي انبمئل .

حظير انخهال انذوائيت انكيمائيت انمفف انحس ان انماد انخاو (دلك انانصنا دللك انحمص) كذذك انبركهوج انمصراع باسرخداو ڤڤه انذللمه ال ننا بانمعاير انمطهبت م لم انمظماث انغذائيت انمخهنت كما اول ال هب مخطبات انمخهك ، خاصت م جيت وطر انجدة انحسيت ، نم زه ح انذوق .

الكلمة الرئيسية: حشرة مخزن ، نال ، حمص ، دللك خال م انغجه ، حجه فير انكيمائيت ، مفاث عرزف اللرجاط ، حذر كيمائيت حڤي .