

UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT 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 Alimentaires

Spécialité: Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Mlle BOUDJERIS Soraya et Mlle YOUSFI Nesrine

Amélioration de la situation alimentaire des malades cœliaques

Soutenu le : 03/07 / 2023

Devant le jury composé de:

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme MAHDI K.</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ.de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme FARHOUM F.</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>
<i>Mme AGRANE S.</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Co-promoteur</i>
<i>Mme AMMOUCHE Z.</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>

Année universitaire: 2022/2023

Remerciements

.

Tout d'abord, nous remercions et louons Allah Tout-Puissant pour la force, la santé, et le courage qu'il nous a donné afin de réaliser cette étude.

*Nous tenons à remercier vivement Mme **AMMOUCHE Z.** et Mme **AGRANE S.** pour leurs précieux conseils constructifs, leurs orientations et leur suivi pour mener à bien ce travail.*

*Nous présentons nos vifs remerciements à Mme **MAHDI K.** pour avoir accepté de présider ce jury et à Mme **FARHOUM F.** qui nous a fait l'honneur d'examiner ce modeste travail.*

*Nous exprimons notre gratitude à Mme **HAMANI S.** et Mr **AMMOUCHE A.** de laboratoire de chimie du département des Sciences Technologiques de l'Université de Bouira, pour leur patience, leurs orientations et leurs conseils.*

Nous remercions toutes personnes qui de loin ou de près nous ont aidés à finaliser ce mémoire.

Grand merci.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

A la mémoire de ma mère que j'ai tellement souhaité sa présence en ces moments.

A mon très cher père.

*A mes sœurs les plus chers et les plus précieuses pour les sacrifices
qu'elles ont fait pour moi.*

A mon très cher frère Hamza.

A mes amies Nina, Nesrine et Ghalida.

A mon binôme Soraya.

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Nesrine

Dédicace

je dédie ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragements.

A mon frère Salim.

A mes amies et mes camarades.

A mon binôme et meilleur amie Nesrine pour sa patience et sa compréhension.

Sans oublier tout mes professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

A tous ceux que j'aime.

Soraya

Table de matières

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1.1. Définition 3

1.2. Epidémiologie 3

1.3. Définition du gluten 4

1.3.1. Rôle dans l'alimentation 4

1.4. Symptômes de la maladie cœliaque 4

1.5. Traitement et régime sans gluten 5

1.5.1. Régime sans gluten 5

1.5.2. Problèmes engendrés par le régime 5

1.6. Prévention..... 6

II. Légumineuses..... 6

2.1. Définition 6

2.2. Pois chiche..... 7

2.2.1. Production et consommation..... 7

2.2.2. Composition biochimique et valeur nutritionnelle 8

2.3. Féverole..... 9

2.3.1. Production et consommation..... 9

2.3.2. Composition biochimique et valeur nutritionnelle 10

2.3.3. Composition biochimique et valeur nutritionnelle 10

III- Technologie des pâtes alimentaires 11

3.1. Définition 11

Chapitre II: Matériel et méthodes

2.1.	Présentation du lieu de stage	14
2.2.	Objectif de l'étude	14
2.3.	Présentation du matériel végétal	14
2.3.1.	Caractéristiques des légumes secs utilisés	14
2.4.	Préparation des farines	14
3.2.	Les étapes de fabrication des pâtes alimentaires	16
2.5.	Méthodes d'analyse	17
2.5.1.	pH	17
2.5.2.	Humidité	17
2.5.3.	Dosage des protéines totales	18
2.5.4.	Dosage des lipides totaux	19
2.5.5.	Taux de cendre	20
3.	Analyses du produit élaboré (pâte alimentaire)	22
3.1.	Analyses physico-chimiques	22
3.2.	Analyses organoleptiques	22

Chapitre III: Résultats et discussion

3.	Analyses des farines	24
3.1.	Analyse physico-chimiques	24
3.1.1.	Humidité	24
3.1.2.	PH	25
3.1.3.	Protéines totales	25
3.1.4.	Lipides totaux	25
3.1.5.	Taux de cendre	25
3.1.6.	Acidité grasse	26
3.2.	Caractéristiques physico-chimiques des pâtes élaborées	26
3.2.1.	Humidité	27

Table de matières

3.2.2.	Protéines totales	27
3.2.3.	Lipides totaux.....	27
3.2.4.	Taux de cendre	27
3.2.5.	Acidité grasse.....	28
3.2.6.	Résultats de l'analyse sensorielle.....	28
	Conclusion générale	30
	Références bibliographiques	
	Annexes	
	Résumé	

Table de matières

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1: Classification des pathologies liées au gluten proposée par le consensus d'experts de Londres (BOUTELOUP, 2016).....	3
Figure 2: Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires.	12
Figure 3: Féverole (SEVILLE).	14
Figure 4: Pois chiche (FLIP 90)	14
Figure 5: Farine de féverole (Original).	15
Figure 6: Farine de pois chiche(Original)	15
Figure 7: Laminoir (original).	20
Figure 8: Tamis traditionnel (original).....	20
Figure 9: Broyeur (original).	21
Figure 10 : Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (Produit A 50 % / 50 %).	27
Figure 11: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (Produit B 70 % / 30 %).	27
Figure 12: A, Pâte de mélange (50 % F / 50% P) ; B, Pâte de mélange (70 % F/ 30 %P).	28
Figure 13: Résultats de l'évaluation sensorielle des pâtes cuites.	29

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeur nutritionnelle de quelques légumineuses en g pour 100g de MS (ZHOU et <i>al.</i> , 2013; NDIFE et <i>al.</i> , 2011; SANJEEWA et <i>al.</i> , 2010) ; (AIT SAADA et <i>al.</i> , 2016).....	7
Tableau 2: Evaluation de la superficie et de la production de pois chiche dans la région de Bouira (DSA BOUIRA).....	8
Tableau 3: Composition biochimique du pois chiche (Pour100gramme de MS) (GUEGUEN, 1994).....	9
Tableau 4: Evaluation de la superficie et production de féverole dans la région de Bouira (DSA BOUIRA).....	9
Tableau 5: Composition nutritionnelle pour 100 g de pois chiche sec et cuit (DIDIER et STEPHANE, 2017).....	10
Tableau 6: Teneurs moyennes des composants physico-chimiques des farines utilisées.....	23
Tableau 7: Résultats des différents paramètres physico-chimiques des pâtes élaborées.....	25

Liste des abréviations

Liste des abréviations

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

GWAS: *Genome-Wide Association Study.*

HLA : **H**umann **L**eucocyte **A**ntigen.

ISO : **O**rganisation **I**nternationale de **N**ormalisation.

MC : **M**aladie **c**œliaque.

OMS : **O**rganisation **M**ondial de **S**anté.

RSG : **R**égime sans gluten.

MS : **M**atière **s**èche.

DSA : **D**irection des ressources agricoles.

CCLS: coopérative de céréales et de légumes secs.

Introduction

Introduction

Dans les décennies suivantes, la reconnaissance des mécanismes auto-immuns et la mise en évidence d'auto-anticorps spécifiques, notamment contre la transglutaminase, ont bouleversé la perspective épidémiologique de la maladie cœliaque (**LAMIREAU et CLOUZEAU, 2013**).

En effet, l'élimination du gluten de l'alimentation est le seul traitement de la maladie cœliaque, une solution apparemment simple mais qui pose des défis dans la pratique. Bien qu'il soit efficace, en particulier pendant les premiers stades de la vie, les pressions sociales peuvent le rendre difficile à maintenir, en particulier dans les régions où les féculents comme les céréales sont un aliment de base. De multiples études ont mis en évidence ces enjeux (**DENERY-PAPINI *et al.*, 2001 ; CEGARRA, 2006 ; SCHMITZ, 2007**).

La pénurie d'options alimentaires quotidiennes sans gluten pose un problème aux personnes atteintes de la maladie cœliaque vivant en Algérie. Les produits diététiques importés pour ce groupe démographique sont limités dans leur variété, coûteuse et banale dans leur goût et leur texture. Ce problème revêt une importance particulière pour les nourrissons qui abandonnent le lait maternel, car leurs besoins alimentaires exigent plus que cette seule source de nutrition (**BENATALLAH *et al.*, 2004**).

De ce fait, l'introduction des légumineuses dans le régime alimentaire des malades cœliaques est primordiale sur le plan nutritionnel et économique (**DENERY-PAPINI *et al.*, (2001)**). Les variétés de légumes secs sont exemptes de gluten, riches en protéines et présentent des profils en acides aminés équilibrés (**LERNER *et al.*, 2019**).

L'objectif de ce travail s'inscrit dans le cadre de la diversification et de l'amélioration de la situation alimentaire des malades cœliaques en Algérie par l'utilisation de variétés de légumes secs cultivées dans notre pays tels que le pois chiche, fève et fêverole. Dans ce sens une pâte alimentaire est élaborée à base de farine de pois chiche (variété Flip 90) et de farine de fêverole (variété Séville).

Ce mémoire est présenté en trois chapitres, le premier regroupe les données bibliographiques détaillant les problèmes nutritionnels et le manque de produits alimentaires liés à cette tranche de population (malades cœliaques), le deuxième chapitre cite et décrit le matériel scientifiques et les méthodes d'analyses physico-chimiques utilisées pour l'élaboration du produit fini et le troisième et dernier chapitre est consacré à l'interprétation des différents résultats obtenus.

Chapitre I:
Synthèse bibliographique

1.1. Définition

La maladie cœliaque (MC) est une entéropathie auto-immune liée à une intolérance continue à une ou plusieurs fractions protéiques du gluten (protéine de réserve dans certain céréales, blé, orge et seigle) (**Figure n° 01**). Elle induit des atrophies villositaires au niveau de la surface de la muqueuse intestinale. La maladie est multifactorielle, elle implique des facteurs environnementaux, génétiques et immunologiques (**MALAMUT, 2010; BATTU, 2017**).

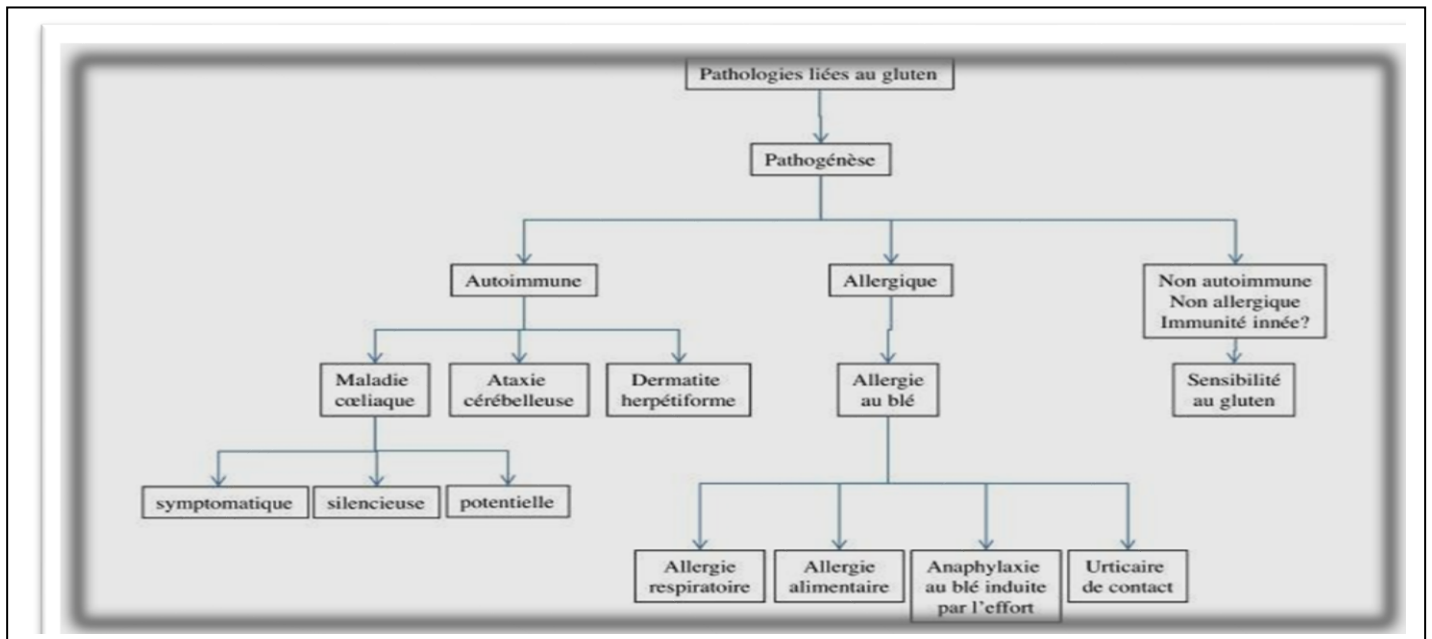


Figure 1: Classification des pathologies liées au gluten proposée par le consensus d'experts de Londres (BOUTELOUP, 2016).

1.2. Épidémiologie

La prévalence de la MC, c'est-à-dire le nombre de cas présents dans la population, a beaucoup évolué. La MC n'est plus une maladie rare ni une maladie simplement européenne, mais elle est devenue un problème de santé publique. En Europe, la prévalence de la MC varie selon les pays, en Afrique Subsaharienne et dans les autres pays d'Asie, la prévalence de la MC est inférieure à celle des pays occidentaux même si le gradient décroissant Nord-Sud de la prévalence de la MC dans le monde est de moins en moins visible notamment à cause de son augmentation en Inde et dans certains pays d'Amérique latine. Ce sont les pays en voie de développement qui subissent la plus forte augmentation de la prévalence de la MC (**CARLO CATASSI et al., 2015**).

1.3. Définition du gluten

Le gluten est un mélange de protéines combiné avec de l'amidon dans l'endosperme de la plupart des céréales. Il constitue environ 80 % des protéines contenues dans le blé, il est responsable de l'élasticité de la pâte malaxée ainsi que de la masticabilité des produits à base de céréales cuit au four. Les protéines des céréales se divisent en deux groupes: les prolamines et les glutamines. Les protéines de la famille des prolamines sont à l'origine de la maladie cœliaque et de l'intolérance au gluten (BOUZIANE A., 2017).

1.3.1. Rôle dans l'alimentation

Le gluten est une protéine présente dans les céréales; il influence les propriétés de cuisson de la farine (BOUZIANE A., 2017). Le gluten absorbe l'eau ajoutée à la farine et gonfle de façon à générer une pâte à pétrir. Pendant la cuisson, il libère une partie de l'eau retenue et se lie à l'amidon contenu dans la farine, de façon à assurer la cohésion du pain. Le gluten est responsable de la capacité agglutinante et liane des céréales lors de leur utilisation dans la fabrication des pâtes et de pains.

1.4. Symptômes de la maladie cœliaque

La MC est une pathologie auto immune avec un spectre clinique large, allant des manifestations digestives classique telles que la diarrhée et les douleurs abdominales jusqu'aux manifestations immunitaires et altération de la muqueuse intestinale (AGAR *et al.*, 2017).

La forme classique de la maladie débute entre 6 et 24 mois, quelques mois après introduction du gluten dans l'alimentations (YAOUTI S., 2010). Typiquement, les jeunes enfants présentent une diarrhée chronique, une anorexie, un ballonnement abdominal, une stagnation pondérale ou une perte de poids et souvent une irritabilité. C'est la forme la plus connue mais la maladie peut survenir à tout âge.

Enfin, nous parlons de cœliaque silencieuse quand la maladie est découverte fortuitement chez un patient asymptomatique et de cœliaque latente quand un patient est porteur de sérologies positives mais chez qui l'histologie est normale. Les symptômes de la maladie cœliaque varient énormément d'une personne à l'autre. Certaines personnes peuvent n'éprouver qu'un seul symptôme tel que la diarrhée ou l'anémie, tandis que chez d'autres, de nombreux symptômes peuvent se manifester.

1.5. Traitement et régime sans gluten

1.5.1. Régime sans gluten

La maladie cœliaque (MC) est une maladie intestinale auto-immune chronique induite par la consommation de gluten chez des individus génétiquement prédisposés. Sa prévalence est estimée à 1 % de la population mondiale (**LOUNIS et MEZGHICHE, 2020**). Un régime sans gluten (RSG) est le seul qui permet de restaurer l'intégrité des lésions de la muqueuse intestinale, améliorant ainsi les symptômes et normalisant les marqueurs biologiques de carence et annulant la sérologie de la maladie cœliaque (**SINGH *et al.*, 2018**).

1.5.2. Problèmes engendrés par le régime

Les régimes sans gluten entraînent des carences en macro et micronutriments. Les aliments sans gluten sont riches en protéines, en minéraux tels que le magnésium, le potassium, le sodium et le calcium, et en vitamines telles que la vitamine B12, la vitamine E et l'acide folique. (**DIEZ-SAMPEDRO *et al.*, 2019**). Une teneur en matières grasses plus faible, une teneur en matières grasses significativement plus élevée et une teneur en fibres significativement réduite. Les aliments sans gluten sont généralement considérés comme moins nutritifs que les aliments standards contenant du gluten. Seuls 9 % des produits sans gluten sont enrichis en thiamine, riboflavine et niacine, et 28 % des pains sans gluten sont enrichis en calcium et fer (**LERNER *et al.*, 2019**).

Ce manque d'enrichissement peut augmenter le risque de carences en micronutriments chez les personnes atteintes de la maladie cœliaque. Les régimes sans gluten mal mis en œuvre conduisent à des régimes alimentaires déséquilibrés, entraînant une malnutrition multiple. Remplacer le gluten par du maïs ou du riz expose les patients à des carences en protéines, en fibres et en acide folique. Les régimes alimentaires sont riches en graisses hydrogénées et saturées et ont tendance à avoir un index glycémique élevé. Cela peut expliquer en partie la prévalence plus élevée du syndrome métabolique et des maladies cardiovasculaires chez les patients atteints de la maladie cœliaque. Certains ingrédients alimentaires connus pour être nocifs pour la santé se retrouvent en plus grande quantité dans un régime sans gluten que dans un régime normal (**DIEZ-SAMPEDRO *et al.*, 2019**).

Selon **BENATALLAH (2009)**, les problèmes rencontrés quotidiennement par les malades cœliaques Algériens sont dus essentiellement :

Non disponibilité et diversité des produits sans gluten.

Cherté de ces produits.

Mauvaise qualité des produits sans gluten commercialisés sur le marché algérien les rendant de faible palatabilité.

Fabrication de galette ou de pain sans gluten, tout en substituant la farine de blé par celle de riz ou de maïs, aboutit à des produits moins légers et peu appréciés par les cœliaques.

Manque d'organismes spécialisés pour l'information des malades et leurs familles sur les détails de leur maladie et la diététique appropriée (aliments interdits et recettes non coûteuses des aliments autorisés).

Insuffisance de motivation et de sensibilisation des industriels et investisseurs nationaux pour la fabrication de produits sans gluten.

1.6. Prévention

Il n'existe actuellement aucune mesure définitive pour la prévention primaire de la maladie cœliaque basée sur le moment de l'introduction du gluten dans l'alimentation du nourrisson ou sur la durée de l'allaitement (**VRIEZINGA *et al.*, 2016**). Des études contrôlées randomisées n'ont pas réussi à montrer que la tolérance au gluten peut être induite en introduisant de petites quantités de gluten dans l'alimentation (ou en retardant l'introduction de gluten au-delà de 12 mois) (**ANDREN A., *et al.*, 2016 ; CHMIELEWSK *et al.*, 2016 ; SZAJEWSKA *et al.*, 2016**).

La détection et le traitement précoces sont les méthodes les plus efficaces pour la prévention secondaire de la maladie cœliaque (**MAERIN *et al.*, 2015**).

Dans le débat sur l'amélioration de la détection des maladies liées au gluten, certains experts ont suggéré de soutenir des politiques agressives de dépistage sérologique de la maladie cœliaque dans la population générale plutôt que de rechercher les cas à haut risque (**LUDVIGSSON *et al.*, 2015 ; CATASSI et FASANO *et al.*, 2014**).

II. Légumineuses

2.1. Définition

La famille des légumineuses (fabacées) est une des plus importantes parmi des dicotylédones. Elle est le troisième plus grand groupe de plantes au monde. La famille des fabacées comporte plus de 20000 espèces et 700 genres. C'est la famille végétale qui fournit le plus grand nombre d'espèces (pois chiches, haricot, lentille, fève ...), utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales. Cette diversité apporte une adaptabilité importante vis-à-vis des caractéristiques spécifiques des différentes régions (sol et

climat) (FAO, 2016). Les légumineuses sont riches en protéines et en éléments minéraux (phosphore, fer,...etc.), elles constituent une très bonne source en vitamine de groupe B (thiamine, riboflavine et niacine) (TEMANI et KHAIRI, 2016). Elles se caractérisent à la fois par une forte densité énergétique et une forte densité nutritionnelle (Tableau n°01). Ainsi, les graines de légumineuses, notamment les légumes secs, présentent des atouts indéniables pour la santé humaine et pour l'alimentation animale (soja, luzerne...etc.). Elles sont aussi une source importante d'huiles végétales (arachide) et de bois de qualité (bois de rose, ébène) (SOLAGRO, 2016).

Tableau 1: Valeur nutritionnelle de quelques légumineuses en g pour 100g de MS (ZHOU *et al.*, 2013; NDIFE *et al.*, 2011; SANJEEWA *et al.*, 2010) ; (AIT SAADA *et al.*, 2016).

Paramètres Légumineuses	Nutriments				
	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Minéraux
Haricot	26,2-43,6	1-1,9	60-65	4 -5	3,0-4,9
Féverole	26,12	1,53	58,29	25	3,08
Soja	37,6	18,3	6,3	22,0	4,69
Pois chiche	19,4-20	5-5,6	54,9-58	-	4

2.2. Pois chiche

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est la seule espèce cultivée du genre *Cicer* L (TOKER *et al.*, 2014). Il occupe la deuxième place avec une superficie de 11,2 millions hectares, la Production annuelle est estimée à 9,2 millions de tonnes avec un rendement moyen de 820 kg/ha. Le pois chiche joue un rôle important dans l'alimentation humaine, il se classe au 14e rang en terme de superficie emblavée et au 16e rang mondial en terme de volume de production.

2.2.1. Production et consommation

En Algérie, la culture du pois chiche occupe une superficie moyenne de 27 000 ha, pour une production nationale qui oscille entre 17800 et 35000 tonnes par an (DSASI, MADRP, 2009-2017).

Or, l'Algérie est contrainte d'importer annuellement des quantités importantes de pois chiche pour faire face aux besoins sans cesse croissants. L'augmentation des superficies et

l'amélioration des rendements permettent une diminution de ces importations. Aussi, l'introduction de cette culture dans la rotation permet aux agriculteurs d'augmenter leurs revenus par la diminution des superficies en jachère, notamment dans les zones potentielles où la pluviométrie annuelle est située entre 450 et 600 mm, ainsi qu'une économie dans les amendements en engrais azotés utilisés dans la culture des céréales. Le **tableau n°02** résume l'évaluation de la superficie et production de pois chiche dans la région de Bouira durant les trois dernières années (**DSA Bouira, 2023**).

Tableau 2: Evaluation de la superficie et de la production de pois chiche dans la région de Bouira (DSA BOUIRA).

Années	2019/2020	2020/2021	2021/2022
Superficie (Ha)	483	491	323,75
Production(Qx)	4347	2535	2481,60

2.2.2. Composition biochimique et valeur nutritionnelle

Comme toutes les légumineuses, le pois chiche est riche en protéines végétales, en fibres qui ont un impact favorable sur la flore digestive, le transit intestinal et prolongent la satiété ce qui le rend parfait dans le cadre d'un régime minceur. Grâce à sa composition en protéines, en fibres et en glucides (sucres lents), il convient tout particulièrement pour les régimes diabétiques. Il constitue aussi une bonne source de manganèse et de cuivre, qui protègent les cellules d'un vieillissement prématuré, ainsi que de phosphore et de fer. Cependant, le fer issu des végétaux est moins bien utilisé par l'organisme que le fer animal, à moins d'être associé à la vitamine C. Aussi, le pois chiche contient une quantité intéressante de vitamine B9 (ou folates) qui intervient dans le fonctionnement du système nerveux et dont les besoins sont fortement accrus pendant la grossesse (**DJAID, 2018**).

Les graines de légumineuses (pois chiche) sont beaucoup plus riches en protides et moins riches en glucides que les grains des céréales (**Tableau n° 03**). La teneur élevée en protéines de ces graines justifie en partie le caractère vital que revêtent ces plantes en alimentation humaine et animale. Leurs protéines fournissent les acides aminés indispensables avec des teneurs en lysine élevées, constituant ainsi un bon supplément pour les céréales qui en sont déficients.

Les légumes secs apportent, à poids égal, autant de calories que les céréales. Leurs teneur en protéines est élevée, de 17 à 30 % de MS, soit deux fois celle des céréales. Elles dépassent même, légèrement celle de la viande, du poisson et des œufs (**GUEGUEN, 1994**).

Tableau 3: Composition biochimique du pois chiche (Pour 100 gramme de MS) (GUEGUEN, 1994).

Calories (g)	Protéines (g)	MG (g)	Glucides (g)	Celluloses (g)	Calcium (g)	Fer (g)	Thiamine (g)	Vitamine C (g)	Riboflavine (g)
358	20,1	4,5	61,5	2,5	149	7	0,4	5	0,18

2.3. Féverole

Vicia faba est une plante herbacée annuelle, non ramifiée à tige simple, creuse et dressée, et de section quadrangulaire, se dressant à plus d'un mètre du haut de sol (PERON, 2006). Les feuilles alternes de couleur vert glauque ou grisâtre composées de deux ou trois paires de folioles opposées de forme ovale, son système racinaire est développé et descend profondément dans le sol. Les fleurs blanches possèdent des taches noires, devisées de deux jusqu'à cinq petites grappes pédonculées. Leurs fruits sont de longues gousses vertes, contenant de grosses graines ovales, épaisses (CHAUX et FOURY, 1994).

2.3.1. Production et consommation

En Algérie, bien que le rendement a clairement diminué ces deux dernières décennies 4.71 qx/ha (ITGC, 2010), la fève et la féverole occupent toujours la première place parmi les légumes secs (BENACHOUR *et al.*, 2007). Cultivées sur la plaine côtière et les zones sublittorales (ZAGHOU, 1991), avec une superficie emblavée d'environ 9 ha, soit 46 % de la superficie consacrée aux légumineuses, et une production dépassant les 200000 qx/ha (ITGC, 2010). Le tableau n°04 résume l'évaluation de la superficie et de la production de féverole dans la région de Bouira durant les trois dernières années (DSA Bouira, 2023).

Tableau 4: Evaluation de la superficie et production de féverole dans la région de Bouira (DSA BOUIRA).

Années	2019/2020	2020/2021	2021/2022
Superficie (Ha)	713	635	400,5
Production(Qx)	8837	7482,5	6405,5

2.3.2. Composition biochimique et valeur nutritionnelle

La fève et la féverole attirent une attention croissante en raison de leurs propriétés nutritionnelles. Ces légumineuses se distinguent par une haute teneur en protéines (RAIKOS *et al.*, 2014) et un profil en acides aminés équilibré, à l'exception d'un faible taux en méthionine, en cystéine et en matières grasses (MATTILA *et al.*, 2018), elles sont cependant particulièrement riches en lysine (HOOD-NIEFER *et al.*, 2012). La fève et la féverole constituent des sources considérables d'énergie et peuvent efficacement remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (CHAIIEB *et al.*, 2011). De plus, elles sont riches en d'autres nutriments bénéfiques y compris les fibres alimentaires (KARATAS *et al.*, 2017), les cendres (KHAN *et al.*, 2015) et les composés phénoliques (TURCO *et al.*, 2016).

2.3.3. Composition biochimique et valeur nutritionnelle

D'après RIO (2017), le pois chiche *Cicer arietenum* L est considéré comme l'une des légumineuses les plus nutritives pour l'homme; sa valeur alimentaire est importante grâce à ses graines riches en composés organiques et minéraux (Tableau n°5).

Tableau 5: Composition nutritionnelle pour 100 g de pois chiche sec et cuit (DIDIER et STEPHANE, 2017).

Composition organique (en100g)		Composition minérale (en100g)	
Pois chiche sec	Pois chiche cuit	Pois chiche sec	Pois chiche cuit
Protéines(g) 20,5	Protéines (g) 8,9	Fer (mg) 4,31	Fer (mg) 2,89
Lipides(g) 6,0	Lipides (g) 2,6	Zinc (mg) 2,76	Zinc (mg) 1,53
Glucides(g) 63,0	Glucides (g) 27,4	Calcium (mg) 57	Calcium (mg) 49
Fibre(g) 12,2	Fibre (g) 7,6		
Énergie (kcal) 378	Énergie (kcal) 116		

Les principales protéines trouvées dans les pois chiches sont les gluténines, les prolamines, l'albumine et la globuline (RACHWA-ROSIK *et al.*, 2015). La concentration en protéines varie généralement entre 160 et 300 g kg pour le type *Desi* et entre 120g et 290 g kg pour le type *Kabuli* (KSIEZAK *et* BOJARSZCZUK, 2020). Le pois chiche est composé de 66 % d'acides gras polyinsaturés (AGPI), 19 % d'acides gras mono insaturés (AGMI) et environ 15% d'acides gras saturés (AGS) (CARBAS *et al.*, 2021). Les graines de pois chiche se caractérisent par une teneur élevée en monosaccharides, disaccharides et oligosaccharides

(RACHWA-ROSIK *et al.*, 2015). Les glucides totaux dans ces graines dépassent 62 % dont la proportion majeure est l'amidon (KAUR *et al.*, 2019).

En Algérie, l'espèce *Cicer arietinum* L. occupe une grande place dans les habitudes alimentaires algériennes, elle est de ce fait très demandée par la population (ABDELGUERFI-LAOUAR *et al.*, 2001). La production de pois chiche présente une hausse considérable après 2008. En 2013, nous remarquons une légère baisse des superficies emblavées mais ceci est resté sans répercussion sur la production qui n'a pas cessé d'augmenter. A partir de 2014, les superficies consacrées à la culture du pois chiche sont plus importantes, ce qui donne lieu à une meilleure production (35.118 Tn /H en 2014 contre 34.980 Tn/H en 2013) (MAHIOUT, 2017).

III- Technologie des pâtes alimentaires

3.1. Définition

Les pâtes alimentaires sont décrites comme des produits culinaires prêts à l'emploi, préparés par pétrissage sans fermentation de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et éventuellement d'œufs (140 à 350 g d'œufs frais par kg de semoule), et soumis à des traitements physiques appropriés tels que le tréfilage, le laminage et le séchage (**Figure n°02**), ce qui leur donne l'aspect souhaité par les usagers. L'ajout de gluten, des légumes et des aromates est également autorisé (**FEILLET, 2000**).

Chapitre II: Matériel et méthodes

2.1. Présentation du lieu de stage

Le stage pratique est effectué au sein de laboratoire du département des sciences technologiques à l'université Akli Mohand Oulhadj de Bouira. Le laboratoire est équipé du matériel expérimental nécessaire pour réaliser les analyses physico-chimiques suivantes: l'humidité, taux de cendre, PH, dosage des protéines, dosage des lipides, acidité.

2.2. Objectif de l'étude

Ce travail est réalisé dans le but de fabriquer des pâtes alimentaires à base de farine de fêverole et de farine de pois chiche (50 % fêverole et 50 % pois chiche, 70 % fêverole et 30 % pois chiche), destinés au malades cœliaques Algériens.

2.3. Présentation du matériel végétal

2.3.1. Caractéristiques des légumes secs utilisés

Les légumes secs utilisés (fêverole, pois chiche) sont mis à notre disposition par la CCLS de Bouira, Ils sont récoltés en juin 2022.

Fêverole: variété SEVILLE, de couleur marron foncée et de forme aplatiee (**Figure n°03**).

Pois chiche : variété FLIP-90, présente une forme anguleuse et une couleur beige (**Figure n°04**).



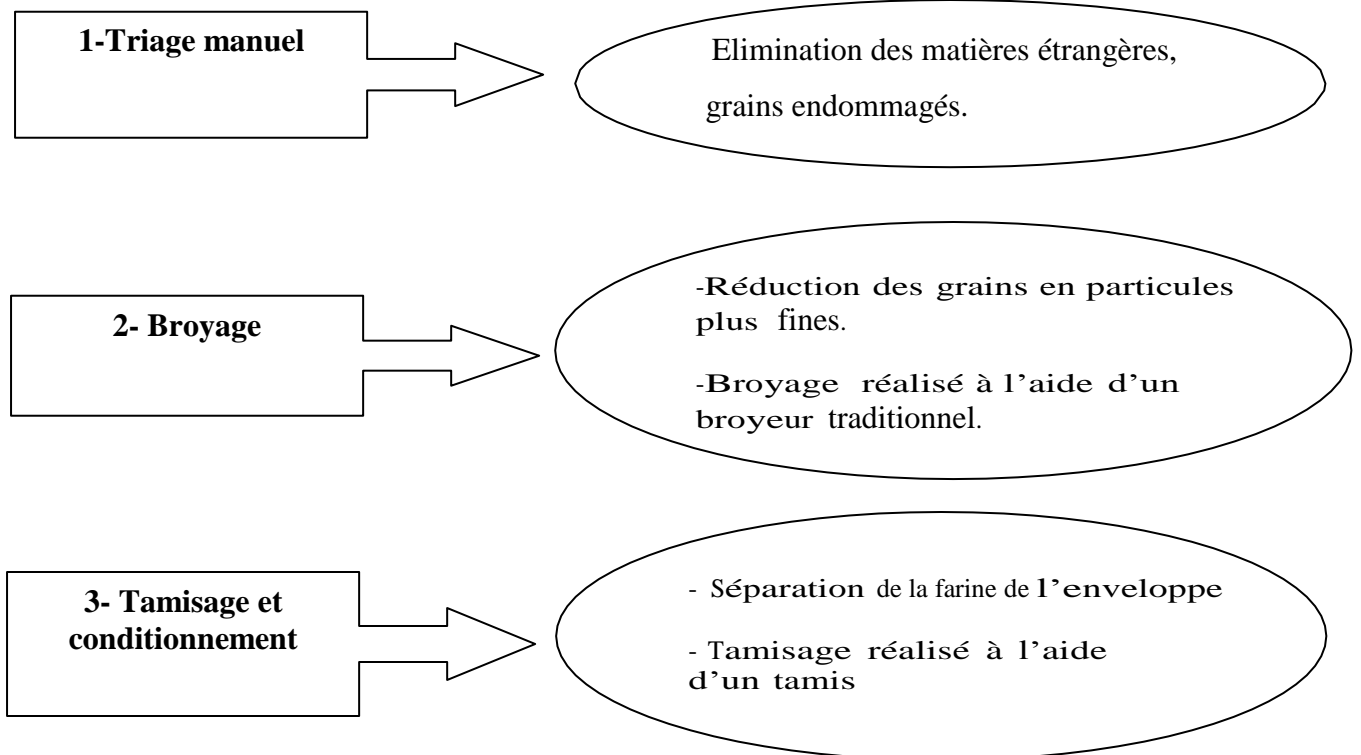
Figure 3: Fêverole (SEVILLE).



Figure 4: Pois chiche (FLIP 90)

2.4. Préparation des farines

Le diagramme suivant résume les différentes opérations de préparation des farines de fêverole et de pois chiche.



Les figures n°05 et n° 06 montrent l'aspect des farines de fève et de pois chiche obtenues:



Figure 5: Farine de féverole (Original).



Figure 6: Farine de pois chiche(Original).

3.2. Les étapes de fabrication des pâtes alimentaires

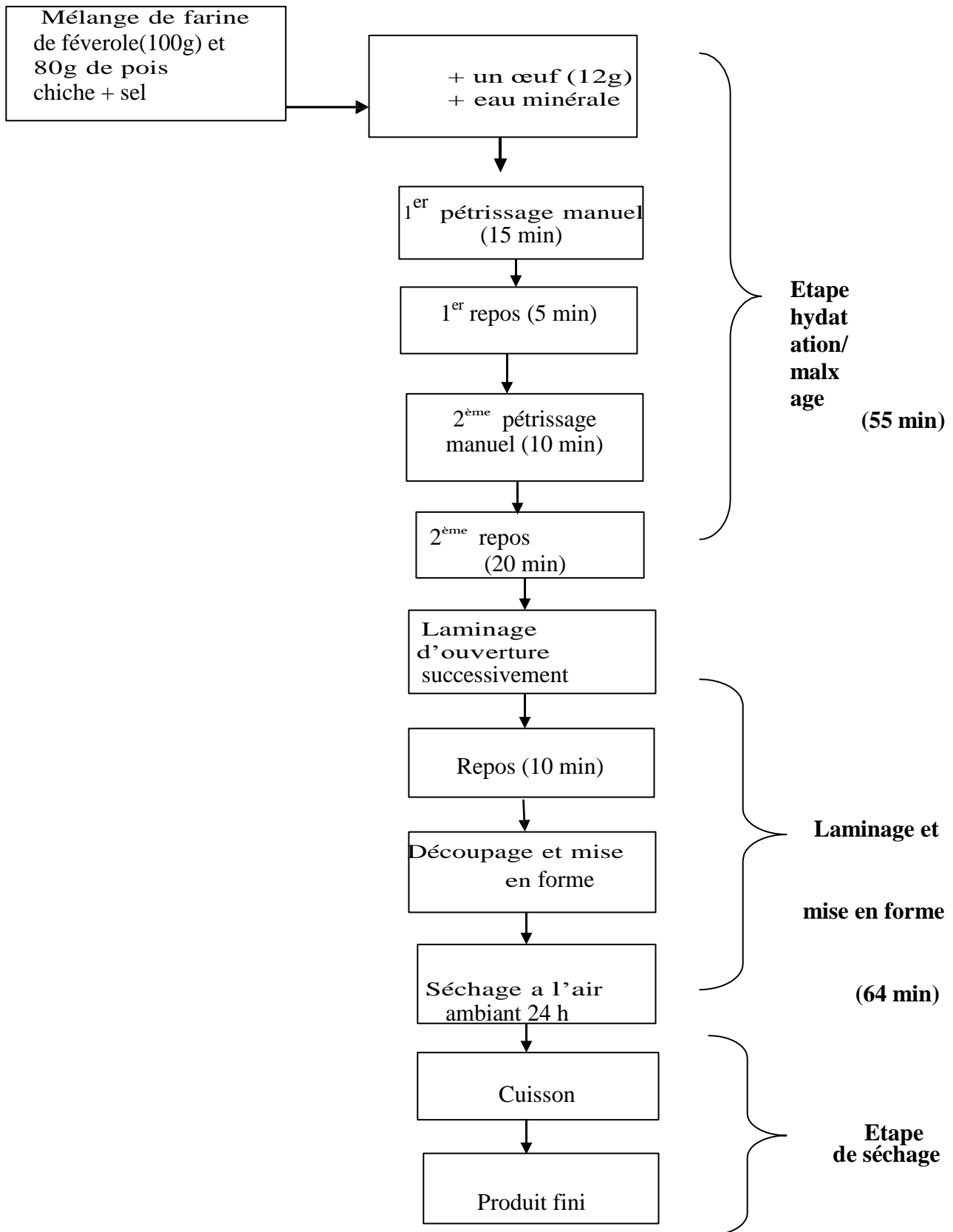


Figure 2: Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires.

2.5. Méthodes d'analyse**2.5.1. pH****Principe**

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

Mode opératoire

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

Expression des résultats

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

2.5.2. Humidité**Principe**

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

Mode opératoire

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

Expression des résultats

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

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

2-5-3- Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines totales est réalisé par la détermination de l'azote total selon la méthode de **KJELDAHL (AFNOR 1991)**. Le coefficient de conversion de l'azote total en protéines est de 6.25 pour les légumes sec.

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

La méthode comporte les étapes suivantes :

Minéralisation

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

Distillation

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

Au cours de la distillation, les molécules d'ammoniac (NH_3) libérés sont entraînés par la vapeur et fixées dans une solution de volume connu d'acide borique (4 %).

Titration

Le distillat récupéré est titré par l'acide sulfurique (0,01 N) en présence d'un indicateur coloré (rouge de méthyle). Le titrage soit complet au virage de la couleur du jaune au rose. La teneur en azote total (N) est exprimée en g pour 100g de produit humide:

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

Où :

A : Quantité d'azote en gramme neutralisée par 1 ml de solution de H_2SO_4 à 0.01 et est égale à 0,0014g.

V : Volume en ml de H_2SO_4 versé à la titration.

pe: Prise d'essai en gramme.

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

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

Où :

N : teneur en azote en % du produit.

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

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

2.5.3. Dosage des lipides totaux

Principe

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

Mode opératoire

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

Expression des résultats

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

$$MG (\%) = ((P_2 - P_1) / M_E) \times 100$$

Où :

P1 : poids du ballon vide (g).

P2: poids du ballon après évaporation(g).

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

MG : taux de la matière grasse(%).

100: pour exprimer le pourcentage.

2.5.4. Taux de cendre**Principe**

La teneur en matière minérale existe dans les différentes farines est déterminée par incinération d'une prise d'essai de 5 g dans un four à 540 °C selon la norme (ISO 2171 : 2007).

La minéralisation est poursuivie pendant 6 heures jusqu'à combustion totale de la matière organique et apparition d'un résidu blanchâtre.

Expression des résultats

La teneur en matières minérales d'origine terreuse, exprimée en pourcentage en masse, est donnée par la formule:

$$\text{Taux de cendre} = (M2-M1) \times 100/M0$$

Où :

M0: Masse en gramme, de la prise d'essai.

M1 : Masse en gramme de la capsule vide.

M2 : Masse en gramme de la capsule contenant le résidu après incinération.

2-5-6- Acidité grasse

L'acidité grasse d'une farine est l'acidité des substances extractibles par l'alcool à 95°. Elle est due en grande partie à l'acidité des acides gras formés par hydrolyse ou par oxydation des lipides (ISO 7305, 2019).

L'acidité varie avec:

L'état de conservation et le taux d'extraction de la farine.

Déterminée sur l'extrait alcoolique moyen d'une solution alcaline titrée, en présence de phénolphtaléine, on retranche le résultat l'acidité apportée par le solvant.

Mode opératoire**a. Extraction**

Introduire dans un tube de centrifugeuse 5 g de farine, 30 ml d'éthanol à 95 °, fermé hermétiquement avec un bouchon et du papier film et agiter manuellement pendant 1 h.

Laisser reposer 24 h.

Après une nouvelle agitation, faire deux centrifugations successives (2 min) à 1 h d'interval.

b. Dosage:

Dans un erlenmeyer, mettre 20 ml de surnageant (qui doit être limpide), 80 ml d'eau distillée récemment bouillie et refroidie à l'air et 5 gouttes de phénophtaléine.

Titre au moyen de la soude 0,05 N jusqu'au virage rose.

Préparer un blanc avec l'alcool à 95° pour déterminer acidité apportée par le solvant en suivant la même procédure.

Expression des résultats

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

$$\text{Acidité \%} : 7,35 \times (V1 - V2) \times V / Pe - H$$

Ou :

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 a 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.

3. Analyses du produit élaboré (pâte alimentaire)**3.1. Analyses physico-chimiques**

Les deux mélanges à des taux différents (50 % de pois chiche et 50 % de féverole) et (30 % de pois chiche et 70 % de féverole) sont analysés avant et après la fabrication des pâtes.

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

PH

Teneur en eau

Taux de cendre

Teneur en protéines

Teneur en lipides

Acidité grasse

3.2. Analyses organoleptiques

L'évaluation des paramètres organoleptiques est une condition très importante pour l'acceptabilité d'un produit.

L'analyse sensorielle des pâtes est faite par un test de dégustation au biais d'un jury composé de 20 personnes choisies au hasard de sexe homme et femme et d'âge différent (18-61 ans).

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

Chapitre III: Résultats et discussion

3. Analyses des farines

3.1. Analyse physico-chimiques

Les teneurs moyennes de la composition physico- chimique des farines utilisées pour cette étude (Farine de fève et farine du pois chiche) et de leurs mélanges sont récapitulées dans le **tableau n°06**.

Echantillons Paramètres	Farine de fève	Farine de pois chiche	Farine de pois chiche et fève (50 % / 50 %)	Farine de fève et de pois chiche (70 % et 30 %)
PH	6,61	6,54	6,64	6,60
Humidité (%)	12 %	11,8 %	10,75 %	10,4 %
Protéines en (%)	30,01 %	22,1 %	24,1 %	28,5 %
Lipides en (%)	1,5 %	5,39 %	5,66 %	5,28 %
Taux de cendres (%)	2,66 %	2,76 %	3 %	2,94 %
Acidité	0,02	0,03	0,04	0,04

Tableau 6: Teneurs moyennes des composants physico-chimiques des farines utilisées.

3.1.1. Humidité

Le codex alimentarius (FAO, 1996) fixe des limites maximales d'humidité de 15 % pour la farine de fève et de 14 % pour la farine de pois chiche. Les résultats obtenus pour les farines utilisées présentent des valeurs au-dessous de ces limites à savoir 12 % pour la farine de fève, 11,8 % pour la farine de pois chiche, 10,75 %, 10,40 % pour les farines des mélanges 50 % / 50 % et 70 %/ 30 %, valeurs qui corroborent avec celles trouvées par AMMOUCHE, (2002).

Ces teneurs en eau permettent une bonne conservation et une meilleure hydratation des farine au cours du pétrissage car plus la teneur en eau de la farine est faible, plus il est possible de l'hydrater au pétrissage pour arriver à une consistance optimale de la pâte (GRANDVOINET et PRATX, 1994).

3.1.2. PH

Le PH joue un rôle important dans la préservation de la qualité des produits alimentaires ainsi pour la détection de l'ajout des additifs modificateurs de PH (**MAPAQ, 2018**). Au PH neutre la plupart des microorganismes se trouvent dans les conditions optimales de survie (**NOUET *et al.*, 2003**).

Les deux farines étudiées (farine de fêverole et farine de pois chiche) enregistrent des valeurs de PH respectivement de 6,61 et 6,54. Ces valeurs sont acceptables et elles sont proches de la neutralité.

3.1.3. Protéines totales

La farine de pois chiche présente un taux de protéines de 22,1 % proche de ceux trouvés par **AMMOUCHE, (2002)** et (**SCHAKEL *et al.*, 2004**) qui sont de l'ordre de 22,22 %.

Concernant la teneur en protéines de la farine de fêverole, elle est de 30,01 %, cette valeur se situe dans l'intervalle signalé par (**MOSSE et BAUDET, 1977**) qui est de 23,1-38,1%.

La teneur en protéines de mélange (fêverole-pois chiche 50 % / 50 %) est de 24,20 % et celle du mélange (fêverole-pois chiche 70 % / 30 %) est estimée à 28,4 %. Ce coupage permet d'améliorer le taux en protéines des farines du mélanges utilisées pour l'élaboration des pâtes alimentaires sans gluten.

3.1.4. Lipides totaux

Selon **AMMOUCHE (2002)**, la farine de fêverole contient 1,73 % de lipides totaux et celle de pois chiche 5,47 %. D'après nos résultats, la fêverole présente une teneur en lipides de 1,5 % MS et le pois chiche de 5,39 % MS en moyenne. Ces valeurs sont proches de celles trouvées par (**BRIDJA et RAHO GHALEM, 2006**) qui sont de 5.4 % pour le pois chiche et de 1,62 % pour la féverole.

Quand aux farines des deux mélanges étudiés (70 % fêverole et 30 % pois chiche, 50 % fêverole et 50 % pois chiche), elles présentent des teneurs en lipide variant entre 5,28 % (MS) et 5,66 % (MS) respectivement. Ce qui favorise leur stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

3.1.5. Taux de cendre

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

matière organique. Le taux de cendre de la farine de fèveole utilisée dans cette expérience est de 2,66 %, proche de celle trouvée par (AMMOUCHE, 2002) qui est de 2,78 %. Quant à la farine de pois chiche, elle possède un taux de 2,82 %, ce qui est égale à la valeur trouvée par (BRIDJA *et al.*, 2006) et (SCHAKEL *et al.*, 2004) .

La farine de mélange des deux variétés présente une teneur de 3 % pour le mélange 50 % fèveole et 50 % pois chiche et 2,94 % pour le mélange de 70 % fèveole et 30 % pois chiche.

3.1.6. Acidité grasse

Selon FEILLET 2000, 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, aboutissant à un réarrangement des liaisons disulfures au sein du réseau protéique.

Le taux d'acidité d'une farine ne doit pas dépasser 0,05 %. Les résultats trouvés pour la farine de fèveole et la farine du pois chiche sont respectivement de 0,02 % et 0,03 %, et 0,04 % pour le mélange des deux farines, ce qui signifie que les valeurs répondent aux normes exigées.

3.2. Caractéristiques physico-chimiques des pâtes élaborées

Le tableau suivant (tableau n° 07) récapitule les résultats d'analyses physicochimiques des pâtes alimentaires élaborées.

Tableau 7: Résultats des différents paramètres physico-chimiques des pâtes élaborées.

Paramètres Echantillons	PH	Humidité %	Protéine %	Lipide %	Taux de cendres %	Acidité
Pâtes (A) (50 % F+ 50 %P)	6,59	9,10%	21,78%	14,2%	2,5%	0,04%
Pâtes (B) (70 % F+ 30 % P)	6,64	8,12%	24,60%	12,4%	2%	0,04%

3.2.1. Humidité

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

Nous remarquons une légère différence entre la teneur en eau de la farine de mélange (pois chiche et fèverole 09,10 % pour le mélange 50 % et 50 % et 08,12 % pour mélange 70 % et 30 %), ceci est possible du aux conditions de séchage (à l'air libre), ce qui favorise une bonne conservation du produit fini.

3.2.2. Protéines totales

A partir du (tableau n°07), nous constatons que la transformation de farines des deux mélanges en pâtes alimentaires présente une légère diminution de taux de protéines totales 21,78 % et 24,60 % respectivement pour les pâtes A et B. cette diminution est justifiée par la dénaturation des protéines sous l'effet de la chaleur. En parallèle cette diminution conduit à l'arrêt de l'activité biologique de la protéine, ainsi que l'inactivation des enzymes qui ont de nombreux effets défavorables sur les nutriments (lipases, protéases, etc.) et améliore ainsi sa valeur nutritionnelle (NOUT *et al.*, 2003).

3.2.3. Lipides totaux

Le contenu lipidique des pâtes A et B élaborées sont successivement de 14,2 % pour les pâtes (A) et 12,4 % pour les pâtes (B). Les taux élevés en lipides des produits élaborés sont dus à l'ajout d'œuf riche en acétylcholines lors du processus de fabrication des pâtes.

3.2.4. Taux de cendre

Le taux de cendre 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).

Les résultats donnés dans le tableau n°07 indiquent une valeur de 2,5 % pour les pâtes (A) et 2 % pour les pâtes (B). La cuisson entraîne une perte de minéraux solubles contenus dans les graines par leur dissolution dans l'eau évaporée de la pâte lors de la cuisson (AYENA TCHEGNON *et al.*, 2017 ; NOUT *et al.*, 2003).

3.2.5. Acidité grasse

Les deux produits confectionnés A et B ont le même pourcentage d'acidité grasse qui est de 0,04 % ce qui signifie que la chaleur n'a pas d'influence sur le taux d'acidité.

3.2.6. Résultats de l'analyse sensorielle

Les résultats de l'évaluation sensorielle sont représentés dans des histogrammes graphiques pour comparer visuellement les critères sensoriels (Figures n° 10 et n° 11).

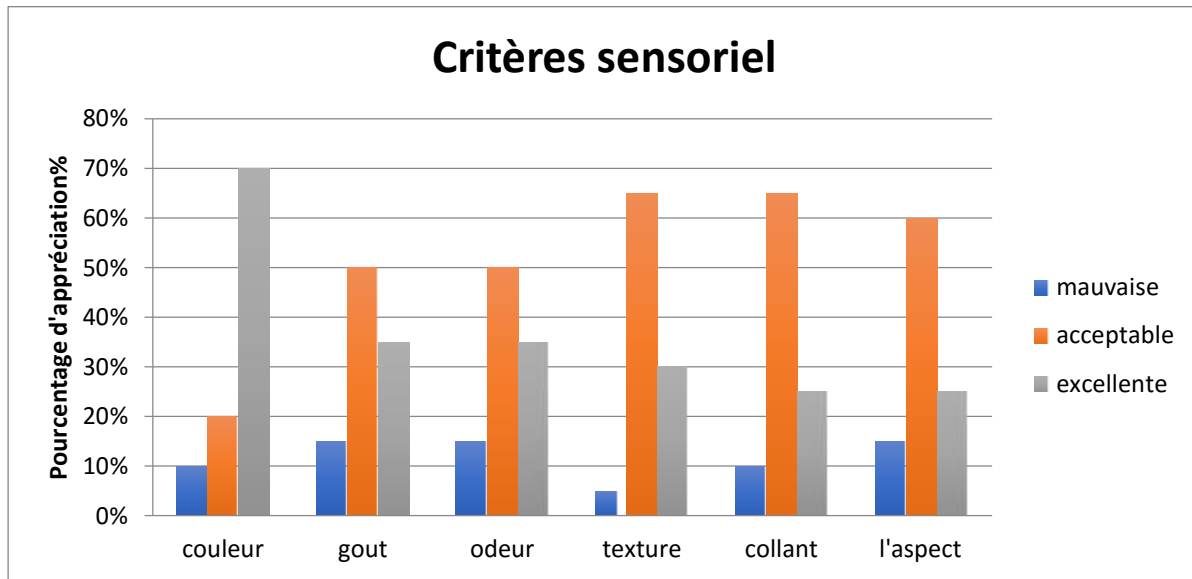


Figure 10 : Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (Produit A 50 % / 50 %).

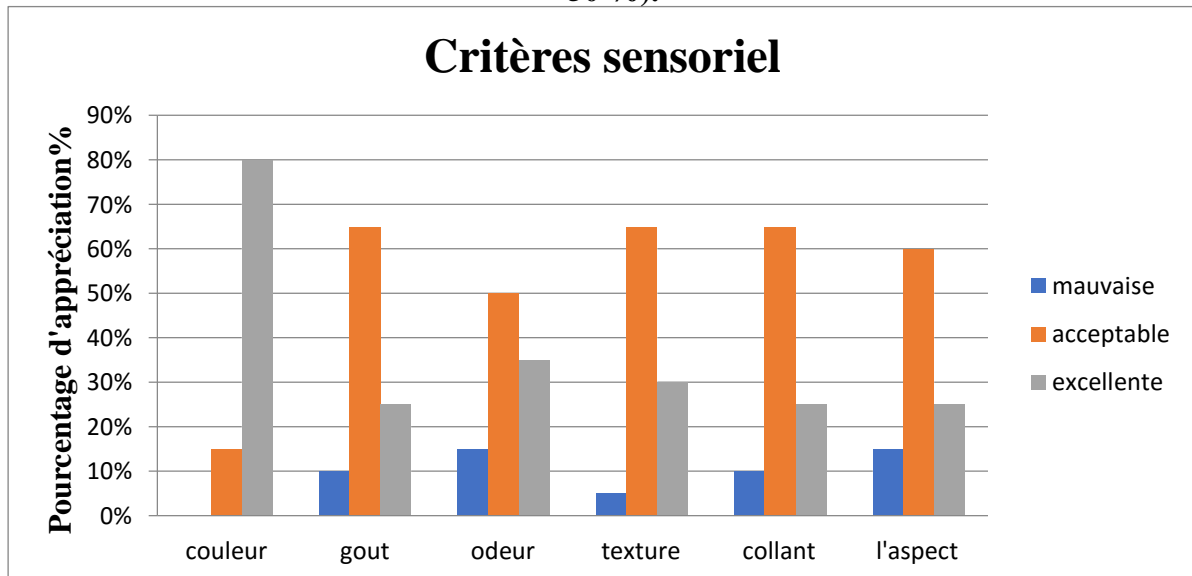


Figure 11: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (Produit B 70 % / 30 %).



Figure 12: A, Pâte de mélange (50 % F / 50% P) ;
B, Pâte de mélange (70 % F/ 30 %P).

D'après les deux histogrammes (**Figures n°11 et n°12**) et la **Figure n°13** obtenus après le test de dégustation, nous remarquons que:

Couleur

La couleur est le premier paramètre à évaluer, les deux produits A et B sont identiques de point de vue coloration puisque 70 % à 80 % des dégustateurs trouvent la couleur satisfaisante. La couleur dorée des pâtes est due à l'ajout d'œuf.

Goût

Le goût est un paramètre essentiel. Les produits (A et B) sont jugés « Acceptable » par la majorité des dégustateurs, 50 % à 65 %, alors que 35 % à 25 % les trouvent excellent, et de 10 % à 15 % ont signalé un « arrière goût ».

Odeur

L'odeur influence l'appréciation de produit fini. Les deux produits A et B ont une odeur « Acceptable » par l'avis de 80 % pour le produit B et 50 % pour le produit A, alors que 35 % des dégustateurs la trouve mauvaise.

L'aspect

Concernant l'aspect des deux produits, ils sont « Acceptables » par l'avis de 60 à 80 % des dégustateurs et 20 % à 25 % « Excellents ».

Texture

Durant l'étude la texture des pâtes est jugée comme moyenne par 65 % à 75 %, elle est ni mole ni ferme.

Collant

Les échantillons étudiés sont un peu collant « Acceptable » par 65 % à 80 % des dégustateurs, et 10 % à 15 %, les trouvent « mauvaise ».

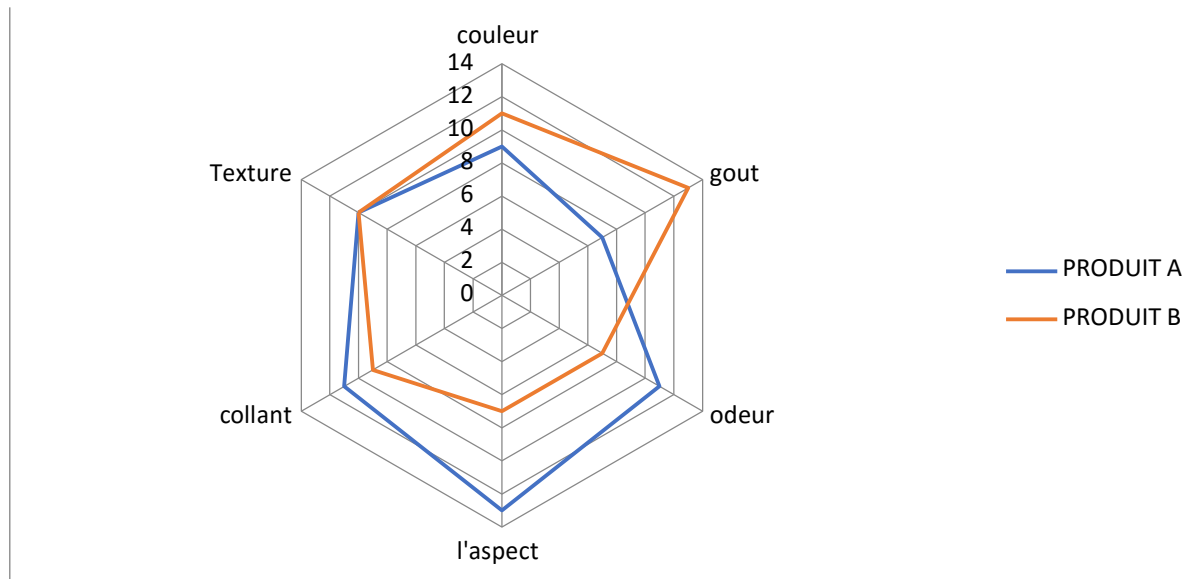


Figure 13: Résultats de l'évaluation sensorielle des pâtes cuites.

(A) : Pâtes à 30 % de la farine de pois chiche et 70 % de farine de fèveole.

(B) : Pâtes à 50 % de la farine de pois chiche et 50 % de farine fèveole.

Le diagramme suivant (**Figure n°13**) représente 06 caractères organoleptiques et viscoélastiques (Couleur, goût, odeur, l'aspect, texture et collant) des produits A et B.

Nous remarquons que le produit B a une couleur légèrement plus intense et un goût agréable par rapport au produit A. Concernant la texture, elle est moyenne pour les deux produits. L'odeur de produit A est plus forte que le produit B alors que ce dernier, présente un aspect plus lisse et un faible collant par rapport au produit A.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la diversification et de l'amélioration de la situation alimentaire d'une tranche de la population en Algérie souffrant de la maladie cœliaque décrite comme étant une intolérance totale au gluten.

A cet effet, deux types de pâte alimentaire A et B sans gluten sont élaborées à base de farine de pois chiche de variété Flip 90 et de farine de féverole de variété Séville à des taux de 50 % pois chiche / 50 % féverole et 70 % Pois chiche / 30 % féverole.

La caractérisation physico-chimique des matières premières montre que les farines de Légumineuses utilisées présentent un faible taux d'humidité ce qui leurs confère une longue durée de conservation. Comme elles constituent des sources importantes en protéines (30,01 % pour la farine de fèveole et 22,10 % pour la farine de pois chiche) et une faible teneur en lipides (1,50 % et 5,39 %) pour les farines de fèveole et farines du pois chiche respectivement ce qui favorise un stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

Concernant les deux produits finis confectionnés (produit A: 50 % farine de fèveole et 50 % farine de pois chiche; produit B: 70 % farine de fèveole et 30 % farine de pois chiche), l'estimation physico-chimiques montre que les pâtes alimentaires élaborées présentent des teneurs en humidité et des taux de PH conformes aux normes exigées par les organismes alimentaires ce qui leur confèrent une bonne conservation.

D'après les analyses sensorielles réalisées par un jury de dégustation choisis aléatoirement, l'ajout des œufs dans la recette de fabrication contribue à une augmentation de la teneur en lipides et attribut une couleur excellente (80 %) aux pâtes alimentaires confectonnées, avec une odeur acceptable (50 % à 65 %) et un goût agréable (50 % à 65 %), ce qui leurs confèrent une bonne qualité organoleptique.

Au terme de ce travail, l'utilisation de farines des légumes secs dans le domaine de pastification (fabrication de pâtes alimentaires) est technologiquement possible pour l'élaboration de produits locaux destinés aux malades cœliaques et réduire ainsi la dépendance vis-à-vis du marché extérieur (produits alimentaires sans gluten importés onéreux, peu diversifiés et de qualité pour la plus part du temps médiocre).

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

ABDELGUERFI-LAOUAR, M., BOUZID, L., ZINE, F., HAMDI, N., BOUZID, L., et ZIDOUNI, F. (2001). Evaluation de quelques cultivars locaux de pois chiche dans la région de Bejaia. *Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie*, 9, 31-42.

AGAR. K., HAMZOUNI. M-L., MEDHIOUB. M., KHSIBA. A., & AZZOUZ.MM. (2017). Profil épidémiologique et évolutif des manifestations auto immunes associées à la maladie cœliaque. *Revue de médecine Interne*, 38(2) : A152.

AIT SAADA, D., AIT CHABAN, O., BOUDEROUA, K., SSELSELET ATTOU, G. (2016). Place des légumes secs dans l'alimentation humaine – atouts nutritionnels et impacts sur la santé. *Forum Régional pour le Développement des Légumineuses Alimentaires, Université de Mostaganem, Algérie*, p5.

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

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.

B

BENATALLAH, L. (2009). Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques: aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de doctorat, Université Mentouri de Constantine, Algérie 423.

BENBADA, M. (2013). Journal officiel de la république algérienne n° 35. Méthode de détermination de l'acidité grasse dans les farines et semoules de blé. ALGER.15p.

BOUTELOUP, C. (2016). Les pathologies digestives liées au blé ou au gluten: certitude et doute. *Cahier de nutrition et de diététique*, 51(05) : 248-258

BRIDJA, M., BACHIR, R. G. (2006). Contribution à l'étude de l'influence d'intégration de la farine de pois chiche en panification.

Références bibliographiques

C

CARBAS, B., MACHADO, N., PATHANIA, S., BRITES, C., ROSA, E. A., et BARROS, A.I. (2021). Potentiel des légumineuses : valeur nutritionnelle, propriétés bioactives, produits alimentaires innovants et application d'outils écologiques pour leur évaluation, *Food Reviews International*, 1-29.

CATASSI, C., GATTI, S., LIONETTI, E. (2015). World perspective and celiac disease epidemiology. *Dig Dis Basel Switz.* **2015**;33(2):141-6.

CHAIB, L., ANTAL, A., PAULUS, W. (2011). Tran cranial alternating current stimulation in the low kHz range increases motor cortex excitability. *Restorative neurology and neuroscience*, 29(3),167-175.

CHAUX, C., FOURY, C. (1994). Production légumière : Légumineuses potagères, légumes, fruits, Lavoisier. Paris. Pp 4-8.

D

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

DJAID, B. (2018). Etude comparative de la composition physico-chimique d'une variété de pois chiche issue de la nouvelle récolte (Flip 90) et d'une variété commercialisée.

DIDIER, R., et STEPHANE, W. (2017). Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques, INRAE*, 60

DIEZ-SAMPEDRO, A., OLENICK, M., MALTSEVA, T., FLOWERS, M. 2019. A Gluten-Free Diet, Not an appropriate Choice without a Medical Diagnosis. *J Nutr Metab.*

DSASI, 2009 à 2017. Statistiques agricoles "série B". Direction des statistiques agricoles et système d'information (Dsasi). Sous direction des statistiques. Ministère de l'Agriculture, du développement Rural et de la Pêche.

F

FAO, (1996). **CODEX ALIMENTARIUS:** cereals, legumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéins végétales. FAO. Vol.7.2ème édition. Rome. 164 p.

FAO, (2016). Légumineuses: des graines nutritives pour un avenir durable.13-22, 36-37 51-52

FORD, S., HOWARD, R., et OYEBONDE, J. (2012). Psychosocial aspects of coeliac disease: across-sectional survey of a UK population. *British journal of health psychology* 17: 743-757.

Références bibliographiques

G

GRANDYOINET, P., et PRATX, B. (1994). Farines et mixes. *In*, Guinet, R. ET Godon, B. La panification française. Lavoisier Tec et Doc. Paris : 100-131.

GUEGUEN, (1994). Proteins of some legum seed: soybean, pea, faba-bean and lupin. In new and developing sources of food proteins'ed, Hudson B.Y.F., Chapman an Hall pub., 6: 145-193

H

HARBERS. (1998). Ash analysis. In food analysis. Ed. NIELSEN S.S. 2 nd Edition. Aspen publishers, pp. 141-150 Goden B., et Willm C., 1998 : Les industries de première transformation des céréales. Paris : Technique et documentation. Lavoisier., p60, p65, p786.

HOOD-NIEFER, SD., WARKENTIN, TD., CHIBBAR, RN., VANDENBERG, A., TYLER, RT. (2012).Effect of genotype and environment on the concentrations of starch and protein in, and the physicochemical properties of starch from, field pea and faba bean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1), 141–150.

I

ISO, 7305: 2019: Produits de mouture des céréales-détermination de l'acidité grasse.

ITGC, (2010) « Céréaliculture » revue de l'institut Technique des Grandes Cultures N°40.

K

KARATAS, SC., GUNAY, D., SAYAR, S. (2017).In vitro evaluation of whole faba bean and its seed coat as a potential source of functional food components. *Food Chemistry*, 230, 182–188.

KHAIRI, H., et TEMANI, R. (2009). Mechanisms of protection of pea plants by polysaccharides extracted from a strain of *Rhizobium* against *Orobanche crenata*, Diplôme de Licence Appliquée, Université de Monster: 43P.

KAUR, K., GREWAL, S. K., GILL, P. S., et SINGH, S. (2019). Comparison of cultivated and wild chickpea genotypes for nutritional quality and antioxidant potential," *Journal of food science and technology*, 56(4), 1864-1876.

KHAN, MA., AMM

AR, MH., MIGDADI, HM., EL-HARTY, EH., OSMAN, MA., FAROOQ, M., ALGHAMDI, SS. (2015).Comparative nutritional profiles of various faba bean and chickpea genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 449–457p.

KSIEZAK, J., et BOJARSZCZUK, J. (2020). L'effet de la méthode de culture et de la forme botanique sur le rendement en graines et la composition chimique des pois chiches (*Cicer arietinum* . L.) cultivés en système biologique, *Agronomie*, 10(6), 801.

Références bibliographiques

L

LAMIREAU, T., CLOUZEAU, H. (2013). Epidémiologie de la maladie cœliaque. Pathologie biologique.

LERNER, A., O'BRYAN, T., MATTHIAS, T. 2019. Navigating the Gluten-Free Boom: The Dark Side of Gluten Free Diet. Front Pediatric.

M

MAHIOUT, D. (2017). Contribution à la caractérisation d'Ascochytabiei (Pass.) Labragent causal de l'antracnose du pois chiche (*Cicer arietinum*. L.) et étude de son interaction avec *Medicago truncatula* Gaertn. Thèse du doctorat, Université Abd El Hamid Ibn Badis de Mostaganem, Protection des végétaux, 219.

MALMUT, G., et CELLIER, C. (2010). Maladie cœliaque. La Revue de Médecine Interne 31: 428-433.

MAMOUMI, M., FIKRI, H., SLIMANI, R., AMAROUCHE, H., MOULAY, M. E., ZAHOUILY, M., et LAZAR, S. (2012). EFFET DE LA CUISSON SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET LA QUALITE SANITAIRE DES BISCUITS. 13 (2), 223 – 230.

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

MATILLA, P., MAKINEN, S., EUROLA, M., JALAVA, T., PIHLAVA, JM., HELLSTROM, J., PIHLANTO, A. (2018). Nutritional value of commercial protein-rich plant products. Plant Foods for Human Nutrition, 73(2), 108–115.

MOSSE, J., BAUDET, J. (1977). Relationship between amino acide comosition and nitrogen contents of board bean seed. IN «protein quality from léguminos cros »,5686 : 48-57 p.

N

NOUT, R., HOUNHOUGAN, J.D., TINY VAN BOEKEL. (2003). Les aliments, transformation, Conservation et Qualité. BaeckhysPublishers, Wageningen, Netherland

P

PERON, J. Y. 2006. Références. Production légumières. 2eme Ed : 613 P.

R

RACHWA-ROSIK, D., NEBESNY, E., et BUDRYN, G. (2015). Chickpeas composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review. Critical Reviews in *Food Science and Nutrition*, 55(8), 1137-1145.

Références bibliographiques

RAIKOS, V., NEACSU, M., RUSSELL, W., DUTHIE, G. (2014). Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp, and buckwheat flours as affected by pH. *Food Science and Nutrition*, 2(6), 802–810.

REMOND, D., et WALRAND, S. (2017). Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, INRA, 2017, p60

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

S

SAFTA, N. B., AYADI, S., YOSRA, Z., MENSI, A., MABROUK, E. B. H., LEILA, M., et DEBBICHE, R. (2022). Maladie cœliaque: effet de l'observance du régime sans gluten. *La Revue de Médecine Interne*, 43, A207-A208.

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

SOLAGRO et Réseau Action Climat, 2016. Les légumes secs - Quelles initiatives territoriales, 21^{ème} conférence des parties de la convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique. 68 p

SVHAKEL, S. F., VAN HEEN, N., & HARNACH, J. (2004). Appendix 1. Grain composition table. In *Encyclopedia of Grain Science*. Editors: WRIGLEY, C., CORKE, H., WALKER, E.C. Edition: Elsevier. Vol 3, 441p.

T

THOMPON, T. (2008). The gluten-free nutrition guide. McGraw-Hill Edition, USA, 245 p.

TURCO, I., FERRITTI, G., BACCHETTI, T. (2016). Review of the health benefits of faba bean (*Vicia faba* L.) polyphenols. *Journal of Food and Nutrition Research*, 55(4), 283–293.

Y

YAOUTI, S. (2010). La maladie cœliaque chez l'enfant.

Z

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

Annexes

Annexes

Annexe n° 01: fiche de dégustation.

Fiche d'analyse sensorielle

Date ... / ... /

○ Age :

○ Sexe :

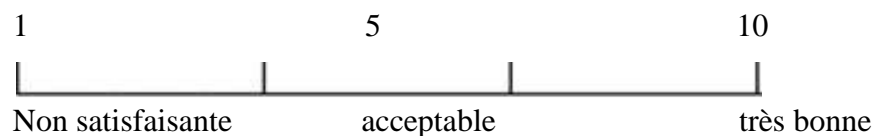
Homme

Femme

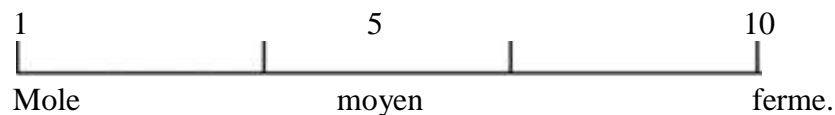
Veillez examiner et évaluer chaque échantillon de pâtes alimentaires. Pour chacun des critères, il vous est demandé d'attribuer une note de 1 à 10.

- Les pâtes enrichis à 30% de poudre de pois chiche et 70% fêverole sont codé par A.
- Les pâtes enrichis à 50% de poudre de pois chiche et 50% fêverole sont codé par B.

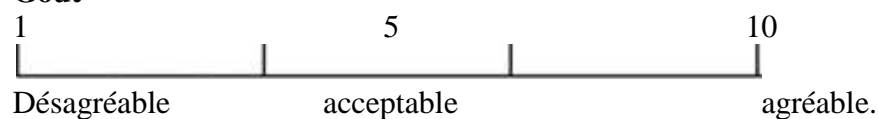
Couleur



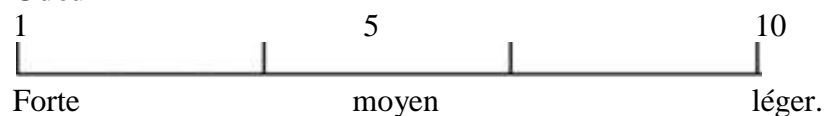
Texture



Goût

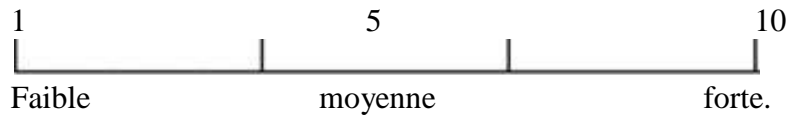


Odeur

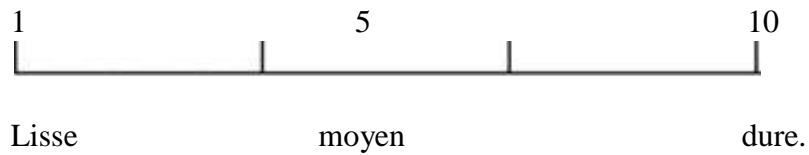


Annexes

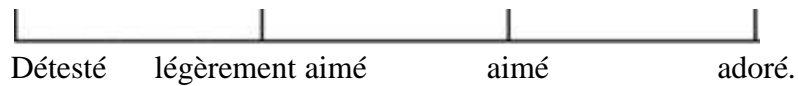
Collant ou bien l'adhésion



L'aspect ou bien la délitescence



L'acceptabilité globale : (Donnez votre avis sur le produit)



Caractères	Produit A 50%/50%	Produit B 30%/70%
Couleur		
Texteur		
Goût		
Odeur		
Collant		
L'aspect		
L'acceptabilité globale		

Annexes

Annexe n°02: Matériels utilisés dans le processus de fabrication

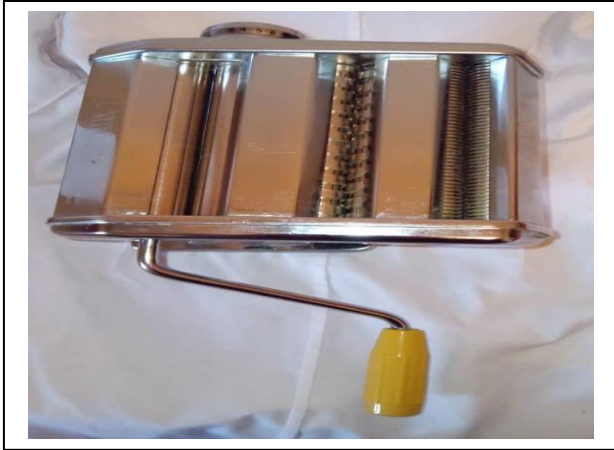


Figure 7: Laminoin (original).



Figure 8: Tamis traditionnel (original).



Figure 9: Broyeur (original).

Annexes

Annexe n°03: Forme des pâtes alimentaire après cuisson.



Annexes

Annexe n°04: Analyses physicochimiques.

Matériels et réactifs utilisés au laboratoire

NaOH

Phénolphtaline.

Ethyle

Calcul du PH

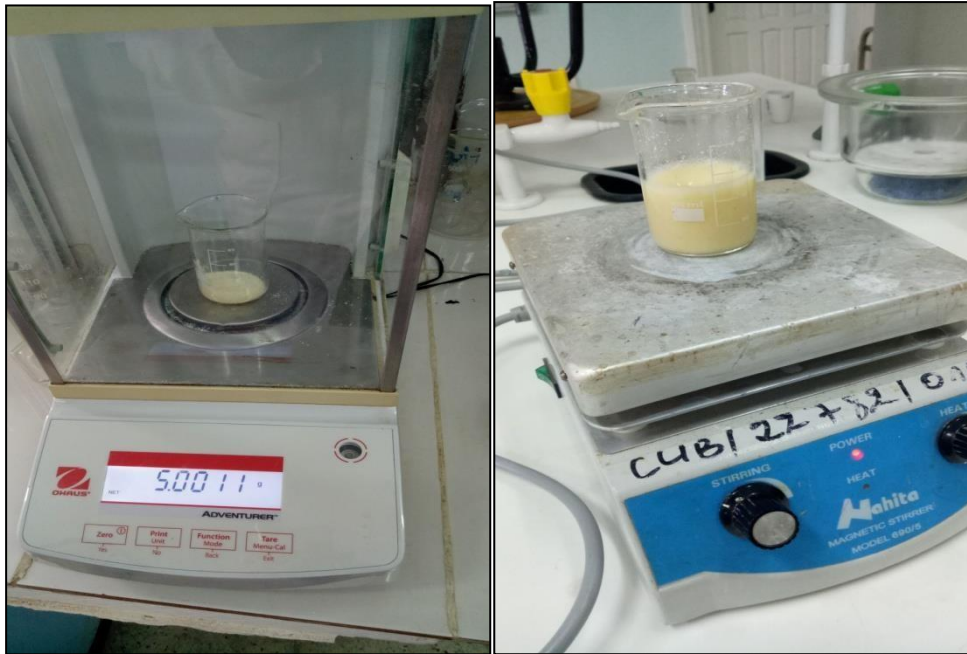


Figure 1: Balance.

Figure 2: agitateur mécanique.



Figure 3: PH mètre.

Calcul d'humidité

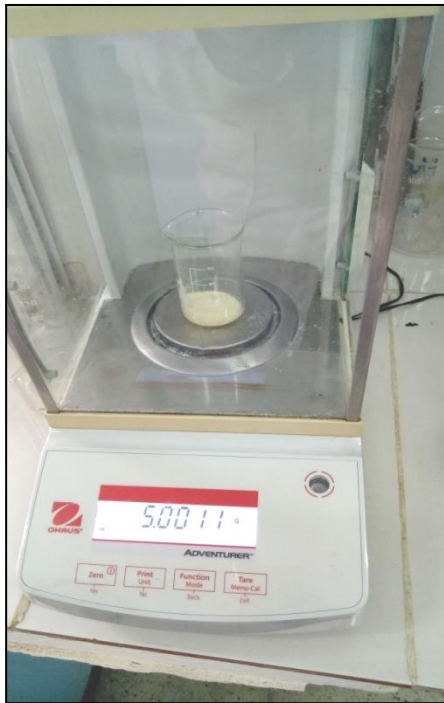


Figure 4: Balance mécanique.

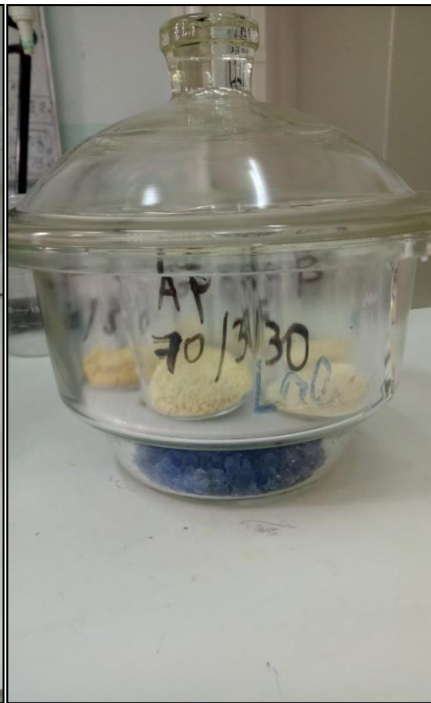


Figure 5: Dessiccateur.



Figure 6: L'étuve.

Annexes

Calcul de taux de cendre

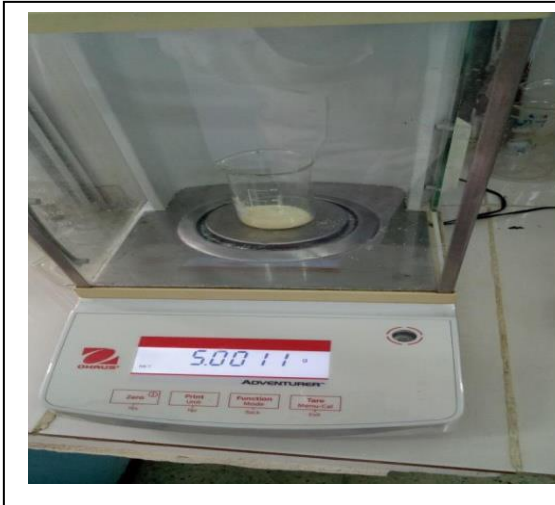


Figure 7: Balance mécanique.



Figure 8: Four.



Figure 9: Creusé contenant un résidu blanchâtre après incinération.

Annexes

Calcul de la matière protéique Dosage des lipides totaux



Figure 10: L'étuve.



Figure 11: Dessiccateur



Figure 12: Appareil soxhlet.



Figure 13: Rota vapeur

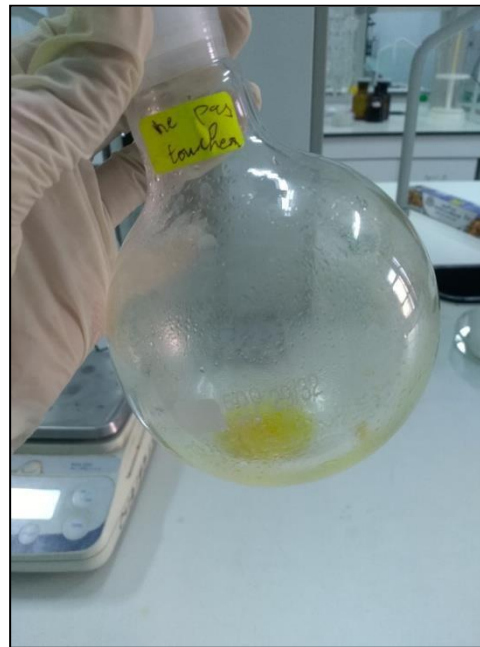


Figure 14: Pesage des lipides.

Dosage d'acidité

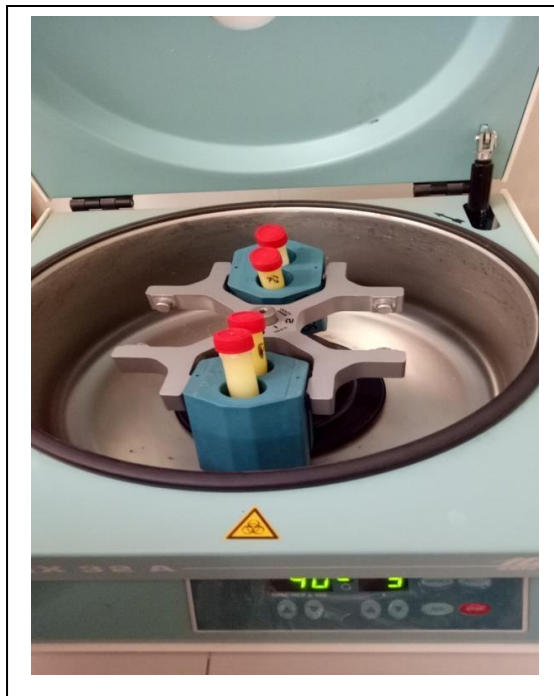


Figure 15: Centrifugeuse.



Figure 16: Dosage d'acidité.

Résumé

Notre travail consiste à l'élaboration d'une pâte alimentaire sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève afin d'améliorer et de diversifier la situation alimentaire des malades cœliaques Algériens.

Cette étude permet de mettre en évidence deux légumineuses cultivées en Algérie la fève et le pois chiche, par leur transformation en farine. Le choix de ces deux variétés revient à leur richesse nutritionnelle en protéines, leur disponibilité et à leur faible coût.

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

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

Mots-clés: Malade cœliaque, pois chiche, fève, pâte alimentaire sans gluten.

Summary

Celiac disease is an autoimmune foodborne gliadin-induced disease responsible for villus atrophy and malabsorption syndrome in genetically predisposed individuals.

Our work consists in developing gluten-free pasta based on chickpea flour and bean flour in order to improve and diversify the nutritional situation of Algerian celiac patients.

This study has made it possible to highlight two legumes grown in Algeria the bean and chickpea, by their transformation into flour. The choice of these two varieties comes down to their nutritional richness in protein, their availability and their low cost.

The results of physico-chemical analyses comply with the standards, which guarantees the quality of the finished product.. Finally, the assessment of the sensory and organoleptic parameters of the biscuit revealed good acceptability by the tasting jury.

Keywords: celiac disease, chickpeas, bean, gluten-free food paste.

ملخص

يتمثل عملنا في تطوير عجينة غذائية خالية من الغلوتين تعتمد على دقيق الحمص ودقيق الفول من أجل تحسين وتنوع الوضع الغذائي لمرضى الاضطرابات الهضمية الجزائريين.

أتاحت هذه الدراسة إبراز نوعين من البقوليات المزروعة في الجزائر ، الفول والحمص ، من خلال تحويلهما إلى دقيق. يعود اختيار

هذين الصنفين إلى ثراءهما الغذائي بالبروتينات وتوافرها وتكلفتها المنخفضة تتوافق نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية مع المعايير التي تضمن جودة المنتج النهائي.

أظهر تقييم المعلمات الحسية والحسية للبسكويت قبول جيد من قبل لوحة التذوق.

الكلمات المفتاحية: مريض الاضطرابات الهضمية ، حمص ، فول ، مكرونة خالية من الغلوتين