

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/FSNVST/DSA/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de qualité.

Présenté par :

AIT KARA Islem

Thème

**Elaboration des cookies sans gluten à base de farine
de quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.)**

Soutenu le : 09 /07/2024

Devant le jury composé de :

| <i>Nom et Prénom</i> | <i>Grade</i> | | |
|----------------------|--------------|--------------|------------|
| Mme AGRANE Sihem | MAA | Univ. Bouira | Présidente |
| Mme MOHAMMEDI Saliha | MAA | Univ. Bouira | Promotrice |
| Mme AMMOUCHE Zahia | MAA | Univ. Bouira | Examineur |

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Je remercie en premier lieu **Dieu** tout puissant de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour achever ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à **Mme MOHAMMEDI**, ma promotrice pour son suivi, ses conseils judicieux et ses discussions qui m'ont beaucoup aidé au cours de la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier avec plus grande gratitude Mme **AGRANE Sihem** de l'honneur qu'elle m'a fait d'avoir acceptée de présider le jury de ce mémoire.

Je tiens également à présenter mes remerciements à Mme **AMMOUCHE Zahia** d'avoir accepté de se joindre à ce jury comme examinatrice.

Mes remerciements vont également à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin, par leurs conseils, leurs suggestions et par leurs encouragements, à la réalisation de ce travail.



Table des matières

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Liste des abbréviations | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| INTRODUCTION | 1 |
| Chapitre I: Synthèse bibliographique | |
| Partie 1: Généralités sur le quinoa | |
| I.1.1 .Histoire et origine de quinoa..... | 3 |
| I.1.2 Distribution géographique | 3 |
| I.1.3 Classification du quinoa..... | 5 |
| I.1.4 Composition chimique de quinoa | 6 |
| I.1.5 . Importance de la culture de quinoa..... | 7 |
| I.1.5.1 Dans le monde | 7 |
| I.1.5.2 En Algérie | 7 |
| Partie 2:Maladie coeliaque | |
| I.2.1 Historique | 8 |
| I.2.2 Définition | 9 |
| I.2.3 Epidémiologie | 9 |
| I.2.4 Formes de la maladie..... | 10 |
| I.2.4.1 Forme symptomatique..... | 10 |
| I.2.4.2 Forme asymptomatique (silencieuse)..... | 10 |
| I.2.4.3 Forme latente..... | 10 |
| I.2.4.4 Forme réfractaire | 10 |
| I.2.5 Manifestation de la maladie cœliaque | 10 |
| I.2.6 Diagnostic de la maladie cœliaque | 11 |
| I.2.6.1 Sérologie..... | 11 |
| I.2.6.2 Diagnostic histologique..... | 11 |
| I.2.6.3 Typage de HLA | 12 |
| I.2.7 Diététique associée à la maladie cœliaque | 12 |
| I.2.7.1 Régime sans gluten..... | 12 |
| I.2.7.2 Aliments autorisés et interdits dansle régime sans gluten | 12 |
| I.2.7.3 Ingrédients presents sur une étiquette | 12 |
| I.2.7.4 Régime sans gluten et équilibre alimentaire | 13 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| I.2.7.5 Les clefs d'un régime équilibré | 13 |
| I.2.7.6 Problèmes du régime sans gluten | 13 |
| Partie 3 : technologie biscuitière | |
| I.3.1 Histoire du biscuit | 14 |
| I.3.2 Définition | 14 |
| I.3.3 Catégories de biscuit | 15 |
| I.3.4 Les crackers | 15 |
| I.3.5 Les biscuits à pâte courte | 15 |
| I.3.6 Les cookies | 15 |
| I.3.7 Les biscuits diététiques..... | 16 |
| I.3.7.1 Biscuits sans gluten | 16 |
| I.3.7.2 Biscuits pour diabétiques | 17 |
| I.3.8 Matières premières utilisées dans la fabrication des biscuits | 17 |
| I.3.9 Processus de fabrication | 19 |
| I.3.9.1 Mixage..... | 19 |
| I.3.9.2 Pétrissage..... | 20 |
| I.3.10 Critères d'évaluation de qualité de biscuit | 21 |
| I.3.10.1 Texture | 22 |
| I.3.10.2 Couleur | 22 |
| I.3.10.3 Gout, flaveuretrome..... | 22 |
| Chapiter II : Matériel et méthodes | |
| II.1 Objectif | 24 |
| II.2 Préparation des graines de quinoa..... | 24 |
| II.3 Recherche des saponines..... | 25 |
| II.4 Méthode d'analyses physico-chimique de la farine de quinoa | 25 |
| II.4.1 Le potentiel Hydrogene | 25 |
| II.4.2 Mesure de la teneur en cendres | 26 |
| II.4.3 Mesure de l'humidité | 26 |
| II.4.4 Mesure de l'acidité grasse | 27 |
| II.4.5 Dosage des protéines | 28 |
| II.4.6 Dosage de la matière grasse | 29 |
| II.5 Étude des proprités technicofonctionelle la farine de quinoa | 29 |
| II.5.1 Mesure de la capacité d'absorption d'eau(CAH) et d'huile (CAH)..... | 29 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| II.5.2 La capacité de gonflement (CG) | 30 |
| II.6 Elaboration de cookies | 31 |
| II.7 L'analyse du produit final formulé | 32 |
| II.7.1 Analyse physico-chimique | 32 |
| II.7.2 Rapport d'étalement des cookies..... | 32 |
| II.7.3 La valeur énergétique | 33 |
| II.7.4 Analyse sensorielle..... | 33 |
| Chapitre III :Résultats et discussion | |
| III.1 Caractéristiques physico-chimiques de la farine étudiée..... | 33 |
| III.1.1 Résultat de la recherche des Saponines | 33 |
| III.1.2 .Composition physico-chimique de la farine | 33 |
| III.1.3 Teneur en protéines, lipides et glucides..... | 34 |
| III.1.4 Techno-fonctionnelles | 35 |
| III.1.5 Analyses physico-chimiques des cookies..... | 36 |
| III.1.6 Rapport d'étalement des cookies. | 37 |
| III.1.7 Analyses sensorielles hédoniques des cookies | 38 |
| Conclusion..... | 41 |
| Références bibliographiques | |
| Annexes | |
| résumé | |

Liste des abréviations

| | |
|-------------|------------------------------------|
| CAE | Capacité d'absorption |
| CAH | Capacité d'absorption d'huile |
| CG | Capacité de gonflement |
| HLA | Human leucocytes antigens |
| pH | Potentiel d'hydrogène |
| RE | Rapport d'étalement |
| SCNG | Sensibilité au gluten non céliaque |

Liste des figures

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1. Répartition géographique traditionnelle de la culture du quinoa | 4 |
| Figure 2. Mélange de différents types de biscuit..... | 14 |
| Figure 3. Processus de fabrication des biscuits..... | 21 |
| Figure 4. Diagramme de la préparation du quinoa | 24 |
| Figure 5: Diagramme de préparation de cookies..... | 32 |
| Figure 6: Résultats de la teneur en macronutriments..... | 34 |
| Figure 7 : Profil sensoriel des cookies élaboré..... | 39 |

Liste des tableaux

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1. Classification de Cronquist et de APGIII. | 5 |
| Tableau 2. Composition physico-chimique de la farine. | 33 |
| Tableau 3. Teneur en lipides et en protéines | 34 |
| Tableau 4. Résultats de la capacité d'absorption et du gonflement d'eau et d'huile. | 35 |
| Tableau 5. Résultats de la mesure de pH et d'humidité. | 36 |
| Tableau 6. Résultats de la teneur en protéines et lipides. | 37 |
| Tableau 7. Moyennes des critères sensorielles. | 38 |

INTRODUCTION

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est une pseudo-céréale sans gluten qui contient une grande quantité de fibres, des protéines de haute valeur biologique, des acides gras essentiels (ω -3 et ω -6), des vitamines et des minéraux (Abugoch, 2009; Stikic et al., 2012). Consommé en nature ou transformé en flocons et en farine, le quinoa peut également être utilisé dans l'industrie de la boulangerie car l'amidon présent dans les graines possède des propriétés similaires à celles du blé (Gómez-Caravaca et al., 2011). En plus d'augmenter la valeur nutritionnelle, l'ajout de la farine de quinoa a montré des effets positifs sur les caractéristiques rhéologiques et sensorielles des produits de boulangerie, tels que le pain et les biscuits (Lorenz et al., 1995 ; Harra et al., 2011 ; Stikic et al., 2012). De plus, le quinoa est naturellement sans gluten et peut être recommandé aux personnes atteintes de la maladie cœliaque.

Les cookies représentent la plus grande catégorie de snacks dans l'industrie de la boulangerie et peuvent servir de moyen efficace pour fournir des nutriments aux consommateurs. Ils désignent un produit de boulangerie contenant trois ingrédients principaux : la farine, la matière grasse et le sucre. Les cookies doivent avoir une faible teneur en eau et peuvent également contenir des ingrédients mineurs tels que des agents levants, du sel, des émulsifiants et de la levure (Pareyt et Delcour, 2008). Le développement de cookies peut être un meilleur choix que tout autre produit en raison de leur durée de conservation relativement longue, de leur consommation généralisée, de leur forme prête à consommer et de leur meilleure palatabilité (Tsen et al., 1973).

Diverses études (Harra et al., 2011 ; Wang et al., 2015) ont évalué le potentiel du quinoa pour le développement de cookies. Cependant, dans ces cas, le quinoa a été utilisé en combinaison avec de la farine de blé ou d'autres types de farine, ce qui diminue la valeur nutritionnelle du quinoa et, dans certains cas, invalide le concept des cookies préparés étant sans gluten. Les cookies sans gluten disponibles sont de faible qualité avec une saveur et une sensation en bouche médiocres (Gallagher et al., 2004 ; Pestorić et al., 2017).

Dans ce contexte, l'objectif principal est l'utilisation de quinoa dans la confection des cookies sans gluten. L'étude comporte essentiellement:

- Une synthèse bibliographique consacre aux généralités sur le quinoa et son utilisation alimentaire et non alimentaire ;

- Le deuxième chapitre est consacré à la description de matériel et les méthodes utilisés réalisation de cette étude ;
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus ainsi que leur discussion. Et enfin, une conclusion et quelques perspectives.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

PARTIE 1

Généralités sur le quinoa

I.1.1.Histoire et origine de quinoa

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est une plante décrite pour la première fois en 1798 par Karl Ludwig Willdenow, un botaniste et pharmacien allemand. Originaire d'Amérique du Sud, cette plante trouve ses racines dans la région des Andes (Coulibaly, 2022). Cultivée depuis plus de 5 000 ans avant notre ère sur les hauts plateaux andins, cette plante ancestrale considérée comme un aliment de base pour les civilisations précolombiennes, au même titre que le haricot, la pomme de terre et le maïs. Cependant, contrairement à ces autres cultures, les conquistadors espagnols ne se sont pas intéressés au quinoa. Cela est dû à la présence de saponine sur l'enveloppe des graines, ce qui leur donne un goût amer, ainsi qu'à l'absence de gluten dans la farine obtenue, rendant celle-ci non panifiable (Dickason, 1996).

Dans les années 1970, les propriétés nutritionnelles exceptionnelles du quinoa ont été découvertes dans les pays industrialisés. Cela a conduit à sa commercialisation dans les magasins de produits diététiques, biologiques et équitables, avant de se répandre dans les grandes surfaces (Rivière-Wekstein, 2012). Une demande croissante a entraîné une quadruple augmentation des prix pour les producteurs boliviens entre 2000 et 2010. Ce boom de la culture du quinoa a considérablement amélioré le niveau de vie des populations de l'Altiplano (Mesclier *et al.*, 2011).

En 2013, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a déclaré l'Année internationale du quinoa, ce qui a renforcé la reconnaissance mondiale de cette plante (Desjardins, 2013). À l'heure actuelle, la culture du quinoa s'est répandue dans plus de 125 pays, même si la majorité de la production est toujours assurée par les petits producteurs du Pérou, de la Bolivie, de l'Équateur, et plus récemment par des agriculteurs en Amérique du Nord (Rafaralahinirina, 2023).

I.1.2.Distribution géographique

Cette plante, qui n'est pas une céréale mais souvent considérée comme telle, est répandue dans de nombreuses régions géographiques en raison de sa remarquable capacité d'adaptation. Elle peut être cultivée à des altitudes très variées, allant du niveau de la mer au Chili, jusqu'à des altitudes dépassant 4000 mètres sur l'Altiplano bolivien et péruvien. De

plus, elle peut prospérer dans une gamme de climats allant du froid aride aux conditions tropicales humides (Gutierrez, 2020).

Depuis longtemps, en Bolivie, Le quinoa a été largement cultivé pour l'exportation vers les pays du Nord (Europe, États-Unis, Canada, Japon), où il est recherché pour sa haute valeur nutritive et son label "agriculture biologique". La plupart des variétés de quinoa sont sensibles au photopériodisme, ce qui signifie qu'elles fleurissent mal sous des jours longs. leur vulnérabilité au mildiou, compromis par l'utilisation de traitements chimiques et leur statut biologique (Gendron, Torres et Bisailon, 2009). De plus, les variétés qui pourraient être cultivées au nord sont de qualité inférieure (grains petits et irréguliers) et ont des coûts de production élevés par rapport aux produits des pays andins (Del Castillo, Mahyet Winkel, 2008).



Figure 1. Répartition géographique traditionnelle de la culture du quinoa en Amérique du Sud (La culture du quinoa - Priméal ,2017).

I.1.3. Classification du quinoa

Le quinoa est classé selon deux systèmes différents. La classification botanique de Cronquist, établie en 1981, l'inclut dans la famille des *Chenopodiaceae*. En revanche, la classification phylogénétique APG III, introduite en 2009, le place dans la famille des *Amaranthaceae* (Coulibaly, 2022).

Tableau 1. Classification de Cronquist et de APGIII.

| Classification de Cronquist (1981) | |
|--------------------------------------|----------------|
| Règne | Plantea |
| Sous-embanchement | Tracheobionta |
| Divisionc | Magnoliophyta |
| Classe | Magnoliopsida |
| Sous-classe | Caryophyllidea |
| Ordre | Caryophyllales |
| Famille | Chenopodi |
| Genre | Chenopodium |
| Classification APGIII (2009) | |
| Ordre | Caryophyllales |
| Famille | Amaranthaceae |
| Nom bionomial | |
| <i>Chenopodium quinoa</i> Willd 1798 | |

I.1.4. Composition chimique de quinoa

Le quinoa est souvent désigné comme un super aliment en raison de sa richesse en nutriments essentiels et son absence de gluten, ce qui en fait un choix idéal pour ceux qui souhaitent diversifier et enrichir leur régime alimentaire (Terrien, 2018). Ce profil nutritionnel équilibré rend le quinoa très estimé parmi les végétariens, les végétaliens, ainsi que les personnes recherchant des alternatives plus saines aux céréales traditionnelles (Gallier, 2020).

Les constituants principaux du quinoa sur le plan chimique sont énumérés comme suit :

Protéines : Exceptionnellement riche en protéines pour une plante, le quinoa contient environ 14 à 16% de protéines et fournit tous les acides aminés essentiels, ce qui en fait une source complète de protéines (Tessier, 2020).

Lipides : Le quinoa a une teneur en lipides d'environ 6%, avec une composition équilibrée en acides gras oméga-3 et oméga-6, bénéfiques pour la santé (Karaveli et al., 2017).

Glucides : Principalement constitué de glucides complexes, le quinoa compte environ 64% de glucides, incluant une quantité significative de fibres (Foucault, 2014).

Fibres : Sa teneur en fibres varie de 5 à 7%, aidant à améliorer la digestion et la santé intestinale.

Vitamines : Source importante de vitamines B, notamment B2 (riboflavine) et B9 (folate), le quinoa contient également de la vitamine E.

Minéraux : Le quinoa est une source riche en minéraux essentiels tels que le magnésium, le potassium, le phosphore et le fer. Il contient également du calcium, du zinc et du cuivre.

Antioxydants : Le quinoa est pourvu d'antioxydants tels que la quercétine et le kaempférol, qui possèdent des propriétés anti-inflammatoires et pourraient contribuer à réduire le risque de diverses maladies.

Saponines : Naturellement présent dans le quinoa sous forme brute, ces composés peuvent rendre le goût amer mais sont généralement éliminés par un rinçage préalable à la cuisson (Abugoch, 2009).

I.1.5 Importance de la culture de quinoa

I.1.5.1 Dans le monde

Le quinoa est cultivé sur une superficie mondiale d'environ 99 313 hectares, avec une production totale de 78 025 tonnes en 2010. Les principaux pays producteurs de quinoa sont la Bolivie et le Pérou (Saint Eve et al, 2017). La Bolivie se distingue en étant le principal producteur en termes de superficie cultivée, atteignant environ 63 010 hectares et produisant près de 36 106 tonnes de quinoa. En revanche, le Pérou, bien que cultivant sur une superficie légèrement inférieure d'environ 35 313 hectares, parvient à produire plus de 41 000 tonnes grâce à un rendement plus élevé. Ces deux pays jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement mondial en quinoa, chacun ayant ses propres avantages en termes de production (Rafaralahinirina, 2023).

I.1.5.2. En Algérie

La culture du quinoa est introduite en Algérie en 2014 et est actuellement en phase expérimentale sur huit sites répartis entre quatre institutions différentes, chacun ayant des caractéristiques agro-écologiques distinctes. Ces institutions incluent l'ITDAS à Biskra et El-Oued, l'INRAA à Adrar et Ghilizane, l'ITGC à Sétif, Tiaret et Guelma, ainsi que l'INRF à Alger (Kara et Bouchareb, 2021)..

Les scientifiques soulignent l'importance du quinoa pour sa capacité à résister à des conditions climatiques extrêmes comme la sécheresse, la salinité et la pauvreté des sols. Cette résistance en fait un outil efficace contre la désertification et garantit des rendements satisfaisants même dans des environnements arides (Duguét *al.*, 2012).

Selon le rapport de la FAO de 2016, la culture du quinoa en Algérie peut offrir des perspectives de développement considérables. La capacité du quinoa à résister aux conditions climatiques difficiles et à contribuer efficacement à la lutte contre la désertification, tout en assurant des rendements satisfaisants, constitue des éléments clés soulignés dans ce rapport (Aoudj et Boubekour, 2022).

PARTIE 2

Maladie cœliaque

I.2.1. Historique

Au II^e siècle après Jésus-Christ, Aratée de Cappadoce, un médecin grec contemporain de Galien, a décrit un syndrome de malabsorption chronique comprenant la diarrhée chronique, les ballonnements et la cachexie. Il a identifié l'origine intestinale de cette maladie et l'a nommée "maladie cœliaque", dérivant du grec "koiliakos", signifiant "douleur intestinale"(Limoges, 1969).

En 1888, Samuel Gee, un médecin anglais, a publié un article dans "The St. Bartholomew's Hospital Report" où il a détaillé la maladie cœliaque, devenant ainsi le premier à la décrire de manière approfondie(Tagzout, 2017).

En 1950, le pédiatre néerlandais Willem Dick a découvert que le gluten, une protéine des céréales, déclenche les symptômes de la maladie. Il a observé une amélioration chez les enfants malades privés de blé(Barbe, 2000).

Depuis 1957, l'utilisation des capsules de Crosby pour les biopsies intestinales a facilité la mise en évidence des modifications histologiques de la muqueuse intestinale (El-Hannach, 2010).

Dans les années 1970, la découverte d'anticorps contre le gluten a mis en évidence les caractéristiques auto-immunes de la maladie cœliaque. En 1978, Ellis et Linaker ont décrit le cas d'une femme dont les symptômes disparaissaient avec un régime sans gluten et réapparaissaient à sa réintroduction, même avec une biopsie jéjunale normale(Besancenot et Devilliers, 2012).

Les années 1990 ont révélé, grâce aux tests sérologiques et aux études épidémiologiques, que la maladie cœliaque était plus courante que prévu et pouvait apparaître à tout âge(Amal, 2012).

Avant 2012, l'intolérance au gluten était connue sous le nom de maladie cœliaque ou d'allergie au blé. Cependant, des recherches ultérieures ont mis en lumière une autre forme d'intolérance appelée "sensibilité au gluten non cœliaque" (SGNC), qui semble être prévalente de nos jours (Brabant, 2013).

I.2.2. Définition

La maladie cœliaque, est une affection auto-immune, survient chez les individus génétiquement susceptibles de développer une réaction défavorable à certaines protéines de gluten. Cette condition est souvent diagnostiquée chez les enfants et résulte de l'interaction entre des facteurs environnementaux, génétiques et des anomalies immunitaires. Elle se caractérise par une gamme de symptômes, incluant principalement une diarrhée persistante, des ballonnements, une perte de poids sévère et des vomissements. La maladie se traduit par une diminution des villosités intestinales dans les parties duodénales et jéjunales, ce qui entraîne une absorption réduite des nutriments à divers degrés. De plus, elle est identifiable par la présence d'anticorps spécifiques comme les anti-endomysium et les anti-transglutaminase (El Badmoussi, 2022).

I.2.3. Épidémiologie

La proportion d'individus atteints de maladie cœliaque dans une population à un moment précis est appelée prévalence. Dans les pays occidentaux, cette prévalence est d'environ 1% de la population totale, mais elle atteint 3 à 6% chez les personnes diagnostiquées avec le diabète et entre 3 et 15% pour ceux souffrant d'anémie due à une carence en fer. Chez les personnes ayant de l'ostéoporose, la prévalence varie de 1 à 3%. La fréquence de cette condition augmente avec l'âge, dépassant les 2% chez les individus de plus de 50 ans. Les études séro-épidémiologiques suggèrent qu'il pourrait y avoir entre trois et sept cas non diagnostiqués pour chaque cas de maladie cœliaque identifié. 1 à 3% de la population en Europe et aux États-Unis est affectée à un moment donné de leur vie (Zriouel, 2021).

L'augmentation de l'incidence de la maladie cœliaque ces dernières années est probablement due à une meilleure détection des formes atypiques et silencieuses par le biais de tests sérologiques. Toutefois, les données épidémiologiques détaillant précisément cette incidence sont peu nombreuses (Guennouni, 2021).

Des recherches épidémiologiques réalisées dans des pays en développement, en particulier en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, montrent également des taux de prévalence similaires, ce qui indique une répartition plus étendue de cette maladie que ce qui était initialement perçu (Charbonnel, 2007).

I.2.4. Formes de la maladie

I.2.4.1. Forme symptomatique

Cette catégorie comprend deux sous-types :

- **Forme typique:** Cette variante de la maladie est manifestée par une entéropathie sévère, caractérisée par un syndrome de malabsorption et des symptômes cliniques courants comme la diarrhée et les ballonnements abdominaux.
- **Forme atypique:** A l'inverse, cette forme présente des symptômes de malabsorption et des signes classiques moins marqués. Les patients peuvent éprouver un retard de croissance et/ou pubertaire, une anémie ferriprive, ainsi que d'autres maladies et troubles associés (Jamouille et *al.*, 2000).

I.2.4.2. Forme asymptomatique (silencieuse)

Cette présentation est caractérisée par la présence de marqueurs sérologiques positifs et une atrophie villositaire d'intensité variable, sans aucun symptôme clinique apparent.

I.2.4.3. Forme latente

Cette variante se manifeste par une muqueuse intestinale morphologiquement normale, une sérologie positive, et l'absence de symptômes chez les patients. Parfois, une augmentation des lymphocytes intra-épithéliaux est observée. Ces patients sont souvent porteurs des allèles HLA-DQ2/DQ8.

I.2.4.4. Forme réfractaire

Dans cette présentation, les patients deviennent résistants au traitement par un régime sans gluten. Ils présentent une atrophie villositaire associée à une prolifération monoclonale des lymphocytes intra-épithéliaux. Cette forme constitue une transition entre la maladie cœliaque et un lymphome invasif (Boumedine et Attar, 2022).

I.2.5. Manifestation de la maladie cœliaque

Les symptômes de la maladie cœliaque peuvent varier d'une personne à l'autre, et peuvent inclure :

- **Symptômes gastro-intestinaux**
 - ◆ Diarrhée chronique ;
 - ◆ Constipation ;

- ◆ Douleurs abdominales ;
- ◆ Ballonnements ;
- ◆ Flatulences ;
- ◆ Nausées et vomissements.
 - **Symptômes généraux**
- ◆ Fatigue ;
- ◆ Perte de poids non intentionnelle ;
- ◆ Retard de croissance chez les enfants ;
- ◆ Anémie ferriprive;
- ◆ Ostéoporose ou ostéopénie
- ◆ Dermate herpétiforme.
 - **Symptômes neurologiques**
- ◆ Maux de tête ;
- ◆ Engourdissements ou picotements dans les mains et les pieds ;
- ◆ Difficultés de concentration ;
- ◆ Irritabilité et changements d'humeur (Keo, 2014).

I.2.6. Diagnostic de la maladie cœliaque

Le diagnostic de la maladie cœliaque repose sur une combinaison de tests sérologiques, d'examens histologiques et de typage HLA.

I.2.6.1. Sérologie

Les tests sérologiques sont généralement le premier pas vers le diagnostic de la maladie cœliaque. Ces tests recherchent la présence d'anticorps spécifiques dans le sang, qui sont produits en réponse à la consommation de gluten par une personne atteinte de la maladie cœliaque. Les principaux marqueurs sérologiques comprennent :

- Les anticorps anti-transglutaminase tissulaire (IgA anti-tTG).
- Les anticorps anti-endomysium (IgA anti-EMA).
- Les anticorps anti-gliadine (IgAanti-DGP et IgGanti-DGP)(AMAL, 2012).

I.2.6.2. Diagnostic histologique

Si les tests sérologiques sont positifs, le diagnostic est généralement confirmé par une biopsie de l'intestin grêle. Lors d'une endoscopie, des échantillons de tissu (biopsies) sont prélevés dans l'intestin grêle et examinés au microscope afin de détecter des lésions

caractéristiques de la maladie cœliaque, telles que l'atrophie villositaire (aplatissement des villosités intestinales) et l'infiltration de cellules inflammatoires (Zriouel, 2021).

I.2.6.3. Typage de HLA

Bien que le typage de HLA ne soit pas nécessaire pour diagnostiquer la maladie cœliaque, il peut être utile dans certaines circonstances. Environ 95% des personnes atteintes de la maladie cœliaque ont certains marqueurs génétiques HLA, notamment HLA-DQ2 et HLA-DQ8. Cependant, la présence de ces marqueurs n'est pas suffisante pour poser un diagnostic de maladie cœliaque, car beaucoup de personnes qui les portent ne développent jamais la maladie. De même, leur absence n'exclut pas la maladie cœliaque, mais réduit considérablement la probabilité (Soumaya, 2015)..

I.2.7. Diététique associée à la maladie cœliaque

La prise en charge diététique de la maladie cœliaque nécessite une attention particulière à l'alimentation, en mettant l'accent sur l'exclusion du gluten et une sélection judicieuse des aliments afin de garantir un régime équilibré et sans risque.

I.2.7.1. Régime sans gluten

Le traitement principal de la maladie cœliaque repose sur un régime sans gluten. Cela implique d'éviter tous les aliments contenant du blé, du seigle, de l'orge et leurs hybrides, ainsi que les ingrédients dérivés de ces céréales. Cela comprend également des produits tels que la farine de blé, la semoule, la bière, la sauce soja contenant du blé, et d'autres (Barbaud et Waton, 2016).

I.2.7.2. Aliments autorisés et interdits dans le régime sans gluten

- Aliments autorisés : Riz, maïs, quinoa, millet, sarrasin, pommes de terre, légumes, fruits, viandes, poissons, œufs, produits laitiers non contaminés, noix, graines, etc.
- Aliments interdits : Tous les aliments contenant du blé, du seigle, de l'orge ou leurs dérivés, ainsi que les aliments pouvant être contaminés par le gluten pendant la production, tels que les aliments transformés et les plats préparés (Lagacé, 2016).

I.2.7.3. Ingrédients présents sur une étiquette

Lors de l'achat de produits emballés, il est essentiel de lire attentivement les étiquettes à la recherche de tout ingrédient contenant du gluten. Le gluten peut être caché sous des noms tels que "farine", "amidon", "gluten", "malt" et "orge" (Schagerl, 2018).

I.2.7.4. Régime sans gluten et équilibre alimentaire

Le régime sans gluten est indispensable pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque. Cependant, il est essentiel de veiller à ce qu'il reste équilibré en nutriments. Cela implique d'incorporer une variété d'aliments riches en vitamines, minéraux et fibres, en privilégiant ceux qui sont naturellement exempts de gluten(Cassuto, 2013).

I.2.7.5. Les clefs d'un régime équilibré

Un régime équilibré pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque doivent comprendre une gamme d'aliments tels que des fruits, des légumes, des protéines maigres, des produits laitiers sans lactose si nécessaire, des sources de grains sans gluten, des graisses saines et des collations nutritives(Lagacé, 2016).

I.2.7.6. Problèmes du régime sans gluten

Le régime sans gluten est efficace pour contrôler les symptômes de la maladie cœliaque, mais aussi présente plusieurs défis. Parmi eux, on trouve la difficulté à trouver des options sans gluten dans les restaurants, les risques de contamination croisée et le coût potentiellement plus élevé des aliments sans gluten. De plus, certains produits sans gluten peuvent être moins nutritifs que leurs équivalents contenant du gluten, ce qui rend crucial de faire des choix alimentaires judicieux pour maintenir un régime équilibré(Boumedine et Attar, 2022).

PARTIE 3

Technologie biscuitière

I.3.1. Histoire du biscuit

L'industrie biscuitière prend racine en Angleterre vers 1815, avec l'émergence de sociétés pionnières telles que Karre et Carlisle, qui introduisent des techniques mécaniques novatrices. Cette avancée propulse le biscuit anglais vers une popularité mondiale, soutenue par des entreprises comme Macfarlane à Édimbourg et Huntly et Palmers près de Londres. Dès 1860, l'Angleterre exporte ses biscuits dans ses colonies et vers d'autres régions, consolidant ainsi sa réputation dans le domaine. Le célèbre biscuit "Albert" devient emblématique, rendant hommage à l'époux de la reine Victoria (Londeix, 2012).

L'influence des marins britanniques et néerlandais, adeptes des biscuits, ainsi que l'abondance de production de blé en Amérique, ont contribué à l'essor de cette industrie. Les biscuits trouvent leurs origines dans les pratiques des marins du Moyen-Âge, qui cherchaient des aliments pratiques et durables pour leurs voyages en mer. Cette demande a encouragé le développement d'une industrie de transformation (Fumey et Williot, 2021).

De nos jours, les biscuits sont largement appréciés dans le monde entier en raison de leur goût sucré, de leur praticité, de leur abordabilité, de leur valeur nutritionnelle et de leur longue durée de conservation (Parmentier, 2012).

I.3.2. Définition

Le mot "biscuit" trouve son origine dans le terme latin "biscoctus", qui signifie littéralement "cuit deux fois" (Broutain, 2001). Un biscuit peut être décrit comme une structure complexe composée de plusieurs cavités de tailles et de formes différentes, qui se forment pendant la cuisson lorsque les gaz de levée et la vapeur d'eau sont libérés. Ces cavités se présentent sous forme de porosités créées par l'expansion des bulles d'air emprisonnées pendant le pétrissage (Namous et Benatallah Benchikh El Feggoun, 2013).



Figure 2. **Mélange de différents types de biscuit** (Parmentier, 2012)

La texture des biscuits est principalement attribuée à la gélatinisation de l'amidon et au refroidissement du sucre plutôt qu'à la structure protéine/amidon. Cependant, les biscuits sans gluten disponibles dans le commerce sont généralement fabriqués à partir d'amidons purs (non modifiés) et présentent donc une qualité organoleptique inférieure (Denis, 2011).

1.3.3. Catégories de biscuit

Les biscuits peuvent être catégorisés de manière générale en quatre classes distinctes, caractérisées par leurs formulations et leurs procédés de fabrication : les crackers, les biscuits durs sucrés et semi-sucrés, les biscuits à pâte courte et les cookies. Chaque catégorie ainsi que chaque variante de biscuit requièrent un protocole spécifique en termes de mélange, de façonnage et de cuisson (Davidson, 2018).

1.3.4. Les crackers

Pour certains, les crackers sont des biscuits salés, alors que pour d'autres, ce sont des biscuits non sucrés, salés et croquants ou croustillants. Les farines de blé utilisées dans la fabrication des crackers ont habituellement une teneur en protéines plus élevée et sont plus robustes que celles employées pour les biscuits et les cookies (Webster, 2016).

1.3.5. Les biscuits à pâte courte

Les biscuits et cookies les plus populaires à travers le monde sont souvent confectionnés à partir de pâtes brisées. Ces produits offrent une grande diversité en termes d'ingrédients, de dimensions, de formes et de saveurs. Les pâtes brisées sont généralement élaborées à partir de farines de blé tendre, contenant moins de 9 % de protéines. Les compositions de ces pâtes incluent généralement peu d'eau, mais une quantité substantielle de sucre et de matières grasses. L'absence de développement du gluten dans les pâtes brisées résulte de plusieurs facteurs : les niveaux élevés de sucre et de matières grasses retardent son développement, tandis que la quantité d'eau est insuffisante pour hydrater complètement le gluten, entravant ainsi son expansion (Miller, 2016).

1.3.6. Les cookies

Les cookies contiennent des niveaux élevés de matières grasses et de sucre, et peu d'eau, ce qui donne des pâtes courtes et friables avec un réseau de gluten presque inexistant

(Cauvain, 2016). La plupart des cookies ont une faible teneur en humidité, inférieure à 5 %. Ils varient considérablement en taille, forme, formulation, méthode de préparation et saveur. Leur texture peut aller de croustillante et dure à molle et moelleuse (Miller, 2016).

La qualité et la quantité des ingrédients utilisés dans la pâte à cookies déterminent les propriétés sensorielles recherchées par les consommateurs, notamment l'aspect visuel (couleur de la croûte, croustillance), le goût (douceur, moelleux en bouche) et l'odeur, ainsi que les propriétés de conservation (Diguer et Ammouche, 2020).

Il existe différents types de cookies :

- Cookies aux pépites de chocolat.
- Cookies de type Maryland.
- Cookies à la farine d'avoine
- Cookies à la noix de coco
- Cookies aux arachides

I.3.7. Les biscuits diététiques

Les biscuits diététiques sont des produits alimentaires conçus pour répondre à des besoins nutritionnels spécifiques. Parmi eux, on trouve notamment les biscuits sans gluten et les biscuits pour diabétiques (Ghisolfi *et al.*, 2013).

I.3.7.1. Biscuits sans gluten

Les biscuits sans gluten sont conçus pour répondre aux besoins des personnes atteintes de la maladie cœliaque, d'une sensibilité au gluten non-cœliaque, ou simplement pour ceux qui préfèrent éviter le gluten pour des raisons personnelles. Pour produire des biscuits sans gluten, on utilise des farines alternatives comme le riz, le maïs, le sarrasin, le quinoa, ou des mélanges spécifiques de farines qui remplacent le blé. Ces biscuits peuvent aussi contenir des agents liants et des gommes comme la gomme xanthane pour imiter la texture du gluten (Jnawali *et al.*, 2016).

I.3.7.2. Biscuits pour diabétiques

Les biscuits pour diabétiques sont conçus pour les personnes souffrant de diabète ou pour celles qui cherchent à contrôler leur taux de sucre dans le sang. Ils sont formulés de manière à avoir un faible indice glycémique, c'est-à-dire qu'ils provoquent une augmentation plus lente et moins importante du taux de glucose sanguin. Pour cela, ils utilisent des édulcorants alternatifs (le stevia, le sucralose, ou le maltitol) au lieu du sucre classique et peuvent inclure des fibres supplémentaires et des farines complètes. Ces biscuits visent à offrir une option de collation sucrée tout en aidant à maintenir un bon contrôle glycémique (Gin, 2004)

I.3.8. Matières premières utilisées dans la fabrication des biscuits

L'analyse des matières premières utilisées dans la fabrication des biscuits devient de plus en plus complexe, car chaque ingrédient joue un rôle essentiel dans la qualité du produit final. Parallèlement, les fabricants sont continuellement engagés dans des innovations visant à modifier ou améliorer leurs méthodes de production dans un environnement de marché extrêmement concurrentiel (Bonnet et Depondt, 2000).

○ Farine

La farine de blé est la matière première prédominante employée dans la production des produits de biscuiterie, constituant plus de 60 % du poids total pour chaque 100 kg de biscuits fabriqués (Feillet, 2000). La farine utilisée pour la fabrication des biscuits se distingue par sa faible teneur en protéines (moins de 10 %) et sa faible capacité de développement de gluten, obtenue à partir du broyage du blé tendre (Cheftel, 1980).

○ Matière grasse

Les matières grasses sont cruciales pour la texture des pâtes à biscuits, influençant qu'elles soient friables, sablées ou feuilletées, et contribuent également à leur couleur et leur saveur. La matière grasse utilisée peut être d'origine animale ou végétale, parfois partiellement hydrogénée (Corbeau *et al.*, 2010).

○ Sucre

Le sucre, constituant essentiel dans la fabrication du biscuit, représente de 15 à 25% de sa composition. Sa granulométrie, influant sur la vitesse de dissolution et l'aération de la pâte,

est un facteur déterminant. Le sucre semoule est privilégié pour son effet favorable sur l'aération, comparé au sucre en poudre ou en cristaux(Cheftel, 1980).

○ **Sirop de glucose**

Le sirop de glucose est largement utilisé par l'industrie agroalimentaire. Il est généralement produit par hydrolyse enzymatique de l'amidon. Son rôle d'humectant permet une conservation prolongée des produits tout en préservant leur texture souple et moelleuse(Cheftel, 1980).

○ **Eau**

L'eau joue un rôle vital dans la création de la pâte, avec des fonctions complexes. Elle est nécessaire pour dissoudre les ingrédients, hydrater les protéines et les glucides, ainsi que pour favoriser le développement du réseau de gluten. De plus, elle influence les interactions entre les différents éléments de la recette et contribue à la structure générale de la pâte(Maache-Rezzoug *et al.*, 1998).

○ **Œufs**

Les œufs apportent légèreté et texture mousseuse à plusieurs recettes, comme les boudoirs, les madeleines, les meringues et les génoises. Leur coloration pendant la cuisson contribue également à donner aux biscuits une teinte dorée distinctive (Djebairia, 2016).

○ **Lait**

Le lait joue un rôle crucial dans la couleur, la saveur et la texture de la pâte, en facilitant sa liaison avec l'eau. De plus, il peut influencer la friabilité ou la consistance fondante du biscuit(Cheftel, 1980).

○ **Lactosérum**

Le lactosérum en poudre est de plus en plus couramment utilisé dans la biscuiterie, car il augmente considérablement l'extensibilité des pâtes lors des premières phases de fabrication. Ensuite, grâce à sa coagulation sous l'effet de la chaleur, il contribue à donner une structure au produit pendant la cuisson. Ses avantages sont nombreux:

- ✓ Il offre une saveur lactée toujours appréciée.

- ✓ Il favorise la rétention d'humidité grâce au pouvoir hygroscopique du lactose, ce qui améliore la durée de conservation des produits.
- ✓ Il facilite la dorure des biscuits grâce à la réaction de Maillard (Jeantet *et al.*, 2006).

○ Additifs alimentaires et arômes

Colorants, conservateurs, émulsifiants et agents inhibiteurs de la croissance microbienne

○ Matières secondaires

- Les fruits : qu'ils soient secs, séchés, confits, ou sous forme de confiture, marmelade et gelée, sont largement utilisés en biscuiterie. Les fruits secs, riches en sucre rapidement, offrent une valeur nutritive élevée comparée aux fruits frais.
- Le chocolat : riche en phosphore, potassium, calcium et sodium, exerce une action stimulante sur le système nerveux.
- Le miel : élément vital pour nos cellules, contient des protéines, des sels minéraux, des vitamines et des enzymes qui facilitent la digestion des sucres.
- Le sel : outre son rôle dans la saveur, améliore également la coloration et la maniabilité des produits.
- Le sésame : riche en phosphore, lécithine et calcium, est bénéfique pour les cellules nerveuses et peut favoriser la mémoire (Perrier-Robert, 2012).

I.3.9. Processus de fabrication

La qualité de la pâte est cruciale pour assurer le lien optimal entre la farine et le biscuit, jouant un rôle essentiel dans le succès industriel. La rhéologie de la pâte revêt une importance capitale dans le processus de fabrication des biscuits. Une consistance trop ferme ou trop molle rend le traitement sur l'équipement approprié difficile, ce qui compromet la qualité du produit final (Benkadri et Zidoune, 2010).

I.3.9.1. Mixage

Le mixage représente la première phase du processus de préparation des biscuits, visant à mélanger de manière homogène le sucre, la matière grasse, les œufs et d'autres ingrédients pour former une masse uniforme (Favre et Robert, 1912). Trois méthodes principales de mixage sont généralement employées : le mixage à broche verticale, le mixage à tambour horizontal et le mixage continu (Duca, 1974).

I.3.9.2. Pétrissage

Le pétrissage représente une étape cruciale pour assurer un mélange complet entre la farine et les autres ingrédients, tout en fournissant des indications sur les propriétés rhéologiques de la pâte. Cette opération mécanique fournit l'énergie requise pour créer de multiples interactions entre les composants de la pâte, ce qui entraîne des variations de consistance influençant les caractéristiques technologiques des pâtes (Benkadri and Zidoune, 2010). Trois types de pétrissage sont distingués :

- Le pétrissage conventionnel : Souvent ne fournit pas suffisamment de travail mécanique, surtout avec les farines modernes qui contiennent un gluten relativement robuste.
- Le pétrissage intensifié : Il conduit à des pâtes sur-oxidées et à un pain volumineux mais fade.
- Le pétrissage amélioré : permet d'atteindre un équilibre optimal entre le développement de la pâte et la préservation de sa texture, de son goût et de ses arômes (Saadoudi, 2019).

Fermentation

La pâte des biscuits est pétrie puis transférée dans une cuve à 25°C pour reposer et fermenter pendant une période variable, généralement entre 25 et 32°C. Cette fermentation permet d'obtenir une pâte extensible, lisse et avec une bonne rétention des gaz (Menasra, 2020).

Laminage

Le laminage est la technique principale utilisée pour étaler la pâte à biscuits en une feuille fine. Cette méthode consiste à former une pâte épaisse, puis à réduire son épaisseur en la faisant passer à travers plusieurs laminoirs rotatifs (Menasra, 2020).

Découpage

Les feuilles laminées sont découpées à l'aide d'une machine de formage. Il est crucial que chaque morceau de pâte ait un poids et des dimensions uniformes (Saadoudi, 2019).

Cuisson

Le processus implique plusieurs réactions qui participent à la formation de la croûte, telles que la réaction de Maillard et l'évaporation de l'eau (Grébil *et al.*, 2001).

Refroidissement

Le processus implique de refroidir les biscuits à l'air frais pour éliminer l'excès d'humidité (Dumais, 1999).

Conditionnement

Lors de l'étape de mise en carton, divers types d'emballages sont employés pour protéger les biscuits contre l'oxygène, les odeurs, et autres facteurs environnementaux (Axtellet et Fellows, 2005).

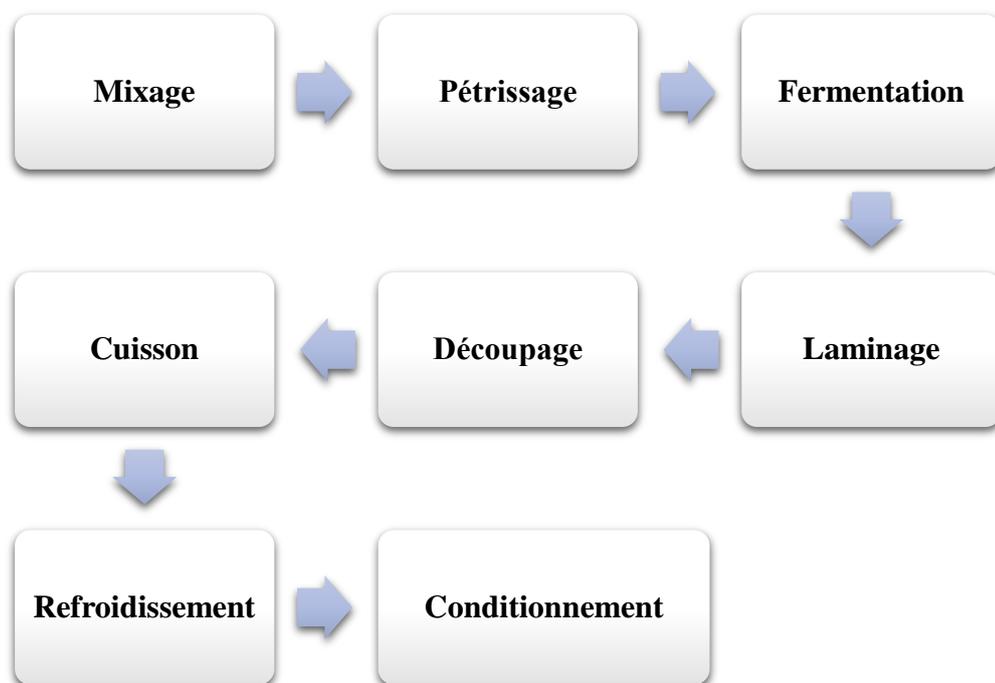


Figure 3. Processus de fabrication des biscuits.

I.3.10. Critères d'évaluation de qualité de biscuit

La qualité des aliments repose principalement sur leurs caractéristiques sensorielles telles que la texture, la saveur, l'arôme, la taille et la couleur. Pour les biscuits, il est crucial d'assurer la qualité en surveillant attentivement des aspects tels que les dimensions, la couleur, l'humidité, ainsi que l'apparence et la texture, incluant la densité et la résistance aux bris (Namous, 2013). Ces critères sont directement influencés par le choix des ingrédients utilisés ; surveiller la couleur et la texture des biscuits est essentiel pour garantir leur qualité optimale (Feillet, 2000).

I.3.10.1. Texture

La texture des biscuits est principalement influencée par la teneur en humidité, en matières grasses, les types et quantités de glucides structuraux, ainsi que les protéines présentes. L'expansion de la pâte, déterminée par ses propriétés rhéologiques et la solubilité du gaz, impacte la densité et la porosité des biscuits. La résistance de la croûte, appelée dureté et fermeté, est un attribut essentiel lié à la perception de la fraîcheur du biscuit (El Amine et Mostaganem, 2023).

La texture est un critère de qualité primordial, défini par la formation d'une miette douce et flexible (Moles et Rohmer, 1996).

Les propriétés de texture des aliments comprennent

- ↪ Une première évaluation de la dureté et de la friabilité.
- ↪ La sensation de mastication et d'adhérence, en considérant l'humidité et la teneur en matières grasses
- ↪ L'analyse de la taille et de la géométrie des particules alimentaires.
- ↪ La perception de la vitesse de fracturabilité lors de la mastication.
- ↪ La libération d'eau, parmi d'autres critères (Delacharlerie *et al.*, 2008).
- ↪ Une première évaluation de la dureté et de la friabilité

I.3.10.2. Couleur

La couleur joue un rôle essentiel dans l'évaluation de la qualité de tout aliment, perceptible instantanément par le consommateur et influençant fortement son impression sensorielle subjective (Lahlou, 1995).

I.3.10.3. Gout, flaveur et arôme

Les caractéristiques du goût englobent le salé, le sucré, l'amer et l'acidité. Les composés volatils responsables de l'arôme sont produits par des processus tels que la chaleur, l'oxydation, et des réactions non enzymatiques agissant sur les protéines, les matières grasses et les glucides, comme observé dans la réaction de Maillard (Namous, 2013).

CHAPTER II

Matériel et méthodes

II.1 Objectif

Ce travail consiste à caractériser la farine des graines de quinoa et son utilisation dans la confection des cookies sans gluten, en mesurant certains éléments physiques, propriétés chimiques, nutritionnelles et sensorielles.

II.2 Préparation des graines de quinoa

Les graines de quinoa sont obtenues auprès des agriculteurs de la wilaya d'El Oued. Elles sont préparées selon le diagramme suivant :

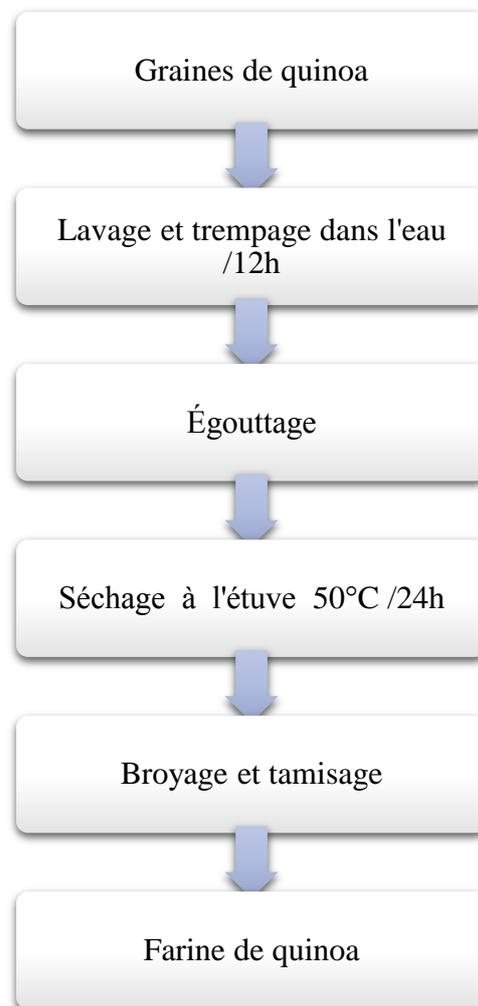


Figure 4. Diagramme de la préparation du quinoa

La farine obtenue est conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration de l'échantillon.

II.3 Recherche des saponines

- **Principe**

L'indice mousse est un indice qui reflète la présence quantitative des saponines.

- **Mode opératoire**

Ajouter 1g de farine à 100 ml d'eau et faire bouillir pendant 30 minutes. Après refroidissement et filtrage, adapter le volume à 100 ml. Ensuite, distribuer 1 ml de concentré dans le tube n° 1, 2 ml dans le tube n° 2, 1, 2 ml dans le tube no. 2, ..., jusqu'à 10 ml dans le tube no. 10, en réglant le volume final de chaque tube à 10 ml avec de l'eau distillée. Agiter énergiquement les volumes horizontalement pendant 15 secondes, laisser reposer verticalement pendant 15 minutes, puis mesurer la hauteur de la mousse persistante en cm. (Dahou et *al.*, 2003).

- **Expression des résultats**

L'indice de mousse est calculé de la manière suivante :

$$I = \frac{\text{Hauteur de mousse en (cm) dans le } X^{\text{ième}} \text{ tube} \times 5}{0.01 \times x}$$

Où :

X : indique le numéro du tube dont la hauteur de la mousse persistante est proche de 1 cm

Si : (I < 100) la plante est pauvre en saponifées.

(I > 100) la plante est riche en saponifées

II.4 Méthode d'analyses physico-chimique de la farine de quinoa

II.4.1 Le potentiel Hydrogène (pH)

- **Mode opératoire :**

Une solution est préparée en mélangeant 60 ml d'eau distillée avec 6 g de poudre de quinoa. Après une heure de pause sous un mélange continu, le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre calibré.

II.4.2 Mesure de la teneur en cendres

- **Principe**

Les cendres sont le résidu minéral qui subsiste après avoir incinéré à 900°C un échantillon.

- **Mode opératoire**

Mesurer 5 g de poudre et répartir dans trois creusets. Puis lacer les creusets dans un four à 900°C pendant 3 heures, puis laisser refroidir et effectuer une nouvelle pesée(AOAC ,1997).

- **Expression des résultats**

Les cendres sont déterminées à l'aide de la formule suivante :

$$M0 \% = \frac{Mi - Mf}{mi} \times 100$$

$$C1\%=100-M0\%$$

Dont :

M0% : matière organique

Mf : la prise essai finale.

C1% : Taux de cendre.

II.4.3 Mesure de l'humidité

- **Principe**

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids de l'eau contenue dans ce matériau par rapport au poids du même matériau sec.

- **Mode opératoire**

Peser 5 g de poudre dans 3 boîtes de Pétri en verre, placez-les ensuite dans une étuve à 120° pendant 90 min. Ensuite, retirez les boîtes et mettez-les dans un dessiccateur pendant 15 min. Après cela, pesez et notez la nouvelle masse. Répétez cette opération jusqu'à ce qu'au l'obtention d'un poids constant(ISO 18134-3).

- **Expression des résultats :**

L'expression de l'humidité est effectuée à l'aide de la formule suivante :

$$H \% = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

H% : Taux d'humidité.

M_i : la prise d'essai initiale.

M_f : la prise d'essai finale.

II.4.4 Mesure de l'acidité grasse (JORADP n^o35, 2013)

- **Principe**

L'acidité grasse est la mesure de la teneur en acides, principalement en acides gras libres. Elle est indiquée en grammes d'acide sulfurique par 100g de matière. La détermination de l'acidité des graisses se fait par une méthode colorimétrique. Les acides gras libres sont dissous dans de l'éthanol à 95%, puis neutralisés par titrage avec une solution de NaOH 0,05 N.

- **Mode opératoire**
Extraction

Placez 10 g de produit puis agitez pendant une heure. Ensuite, effectuez deux centrifugations consécutives de 2 minutes chacune à une vitesse de 6000 tours /min.

Titrage

Utilisez une pipette pour prélever 20 ml du liquide clair qui se trouve en surface et le transférer dans une fiole conique. Ajoutez ensuite 5 gouttes de phénolphtaléine. Effectuez le

titrage avec la solution d'hydroxyde de sodium 0.05N jusqu'à obtenir une coloration rose pâle. Pour l'essai à blanc, titrez 20 ml d'éthanol en ajoutant également 5 gouttes de phénolphtaléine.

- **Expression des résultats**

L'acidité grasse est exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 g de matière. Elle est calculée selon la formule suivante

$$AG\% = 7.35 * C * (V_1 - V_0) / (m * 100)$$

7.35 : coefficient de conversion de l'acidité titrable équivalent acide sulfurique

V₁ : volume de NaOH (ml) de l'échantillon.

V₀ : volume de NaOH (ml) du blanc

C : Titre du Na OH

m : la masse du produit

II.4.5 Dosage des protéines

- **L'extraction**

0.5 g de poudre est pesé dans un bécher. Ensuite, on ajoute 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium (0.5M) et 15 ml d'eau distillée. Le mélange est agité vigoureusement par vortex pendant 15 minutes. Après agitation, le mélange est centrifugé à 3900 tours par minute pendant 20 minutes afin de récupérer le surnageant pour séparer les mélanges (Snyder et Desborough, 1978).

- **Le dosage**

Le dosage des protéines totales est réalisé selon la méthode de Bradford (1976) avec quelques modifications, brièvement 100 µl du surnageant est prélevé et mélangé avec 4 ml de Bleu de Coomassie Brilliant (BBC). Après 5 minutes d'incubation, la densité optique est

mesurée à 595 nm. La concentration des protéines est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage ($Y = aX + b$) en utilisant du sérum albumine bovine (BSA) comme standard, dont l'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que l'extrait (Annexe2).

II.4.6 Dosage de la matière grasse

Peser 5 g de poudre de quinoa. Mettre les échantillons dans une cartouche puis les envelopper dans une compresse. Introduire l'échantillon enveloppé dans la colonne d'extraction du Soxhlet. Ajouter environ 50 ml d'hexane dans le ballon du Soxhlet. Transvaser le contenu du ballon du Soxhlet dans le ballon du rotavapor, préalablement séché et pesé, et faire évaporer le solvant. Sécher le ballon dans l'étuve à 103°C, le conserver dans le dessiccateur jusqu'à refroidissement, puis le peser, en effectuant le séchage jusqu'à stabilité du poids (JORADP n ° 24 ,2016).

- **Expression des résultats**

Le taux des lipides est exprimé en % et calculé par la formule suivante :

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

P1: Poids du ballon vide en gramme.

P2: Poids du ballon après évaporation en g.

ME: Masse de la prise d'essai en g.

Remarque : La détermination de la teneur en glucides totaux des différents échantillons a été faite par calcul de différences selon la formule suivante:

$$\text{Glucides totaux \%} = 100 - (\% \text{ eau} + \% \text{ cendres} + \% \text{ lipides} + \% \text{ protéines})$$

II.5 Étude des propriétés technico fonctionnelle la farine de quinoa

II.5.1 Mesure de la capacité d'absorption d'eau(CAH) et d'huile (CAH)

- **Principe**

Lorsqu'un matériau est mis en contact avec de l'eau ou d'huile, les molécules d'eau pénètrent dans les espaces interstitiels du matériau en raison de forces capillaires et d'adhésion. La capacité d'absorption d'eau est mesurée en fonction de la quantité d'eau absorbée par unité de masse ou de volume du matériau.

- **Mode opératoire**

1 g de farine (m_0) est ajouté à 10 ml d'eau distillée ou d'huile végétale, la suspension est mélangée à l'aide d'un vortex et est laissée au repos durant 30 minutes. Après centrifugation (5000 rpm/30 min), le surnageant est retiré et le culot est collecté et déshydraté dans une étuve à 105°C pendant 30 minutes. Le culot séché est mesurée (m_1) (g)(Chandra et Shamsheer, 2013)

- **Expression des résultats**

La capacité d'absorption d'eau (CAE) ou d'huile (CAH) est mesurée en g d'eau ou d'huile absorbés par g de poudre, selon la formule suivante :

$$\text{CAE (g/g)} = \frac{M1-M2}{M0}$$

II.5.2 La capacité de gonflement (CG)

- **Principe**

La capacité de gonflement d'un matériau est une mesure de sa capacité à absorber un liquide et à augmenter de volume à la suite de cette absorption.

- **Mode opératoire**

La capacité de gonflement a été déterminée par la méthode décrite par Okaka et Potter (1977). Une éprouvette graduée de 100 ml a été remplie avec l'échantillon jusqu'à la marque 10 ml. L'eau distillée a été ajoutée à donner un volume total de 50 ml. Le haut de l'éprouvette graduée était hermétiquement recouvert et mélangé en retournant le cylindre. La suspension a été à nouveau inversé après 2 minutes et laissé au repos pendant 8 minutes supplémentaires et le volume occupé par l'échantillon a été prélevé après la 8ème min.

Dans une éprouvette graduée, 0.1 g de poudre (P (g)) sont hydratés avec 10 ml d'eau distillée, puis on mesure le volume (V0 (ml)) occupé par le mélange. Après 18 h, le volume final (V1 (ml)) est mesuré.

- **Expression des résultats**

La capacité de gonflement (CG) est déterminée par la formule suivante :

$$GC \% = \frac{V0 - V1}{P} * 100$$

II.6 Elaboration de cookies

La fabrication des cookies à consiste à mélanger 130 g de farine de quinoa (87%), 20 g (13%) de cacao, et 0.5 g de bicarbonate de sodium. Ensuite, ajouter d'autres ingrédients tels que 50 g d'œufs, 20 g de sucre, 30 g de cassonade, 8g de sucre vanillé, 2 g de levure chimique, 20 g de lait en poudre, 50 g de beurre, 50 g de margarine, et 1 g de sel. Tous les ingrédients ont été mélangés à l'aide d'un batteur.

Ensuite, cuire les cookies dans un four préchauffé à 180°C pendant 15 minutes. Une fois cuits, les biscuits ont été refroidis à température ambiante dans l'espace de travail, puis emballés dans des boites en plastique scellés.

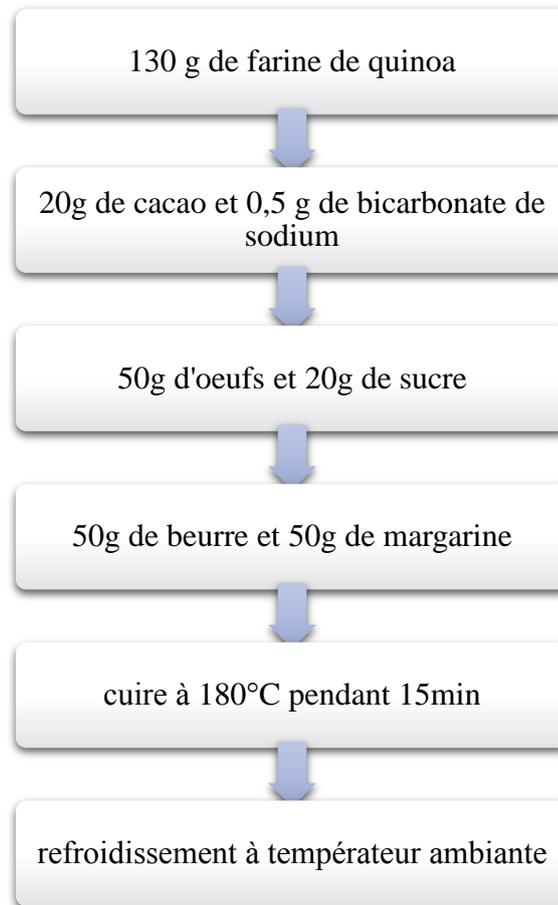


Figure 5:Diagramme de préparation de cookies.

II.7 Analyse du produit final formulé

II.8 Physico-chimiques

Les paramètres suivants ont été déterminés selon les méthodes précédemment décrites pour la farine du quinoa :

- Teneur en humidité,
- pH ;
- Taux de cendres ;
- Teneur en lipides et
- teneur en protéines.
-

II.8.1 Rapport d'étalement des cookies

Les dimensions deux cookies ont été mesurées après refroidissement comme suit :

Diamètre (D) : Deux cookies ont été placés bord à bord et mesurés avec une règle. Les biscuits ont ensuite été retournés et réarrangés.

Épaisseur (E) : Deux cookies ont été empilés et mesurés à l'aide d'une règle. Les biscuits ont été empilés dans différents ordres.

Rapport d'étalement (RE) : Le rapport d'étalement a été déterminé en calculant le ratio D/E.

II.8.2 La valeur énergétique

Le calcul de la valeur énergétique des cookies ont été estimé en multipliant le taux de protéines par 4(kcal/g) et le taux des lipides par 9 (kcal/g et le taux des glucides par (kcal/g)

II.8.3 Analyse sensorial

Pour réaliser l'analyse sensorielle des cookies élaborés, un jury de dégustation composé de personnes sélectionnée de manière aléatoire, comprenant des hommes et des femmes de différents âges, a été constitué. Chaque dégustateur a participé à une dégustation individuelle, au cours de laquelle il a évalué les cookies et attribué des notes sur une fiche de dégustation. Les critères évalués comprenaient la forme, la couleur, la texture, l'odeur et le goût).

Les propriétés organoleptiques des biscuits ont été évaluées par un panel de 16dégustateurs, composé de 5 hommes et 11femmes âgés de 26 à 40. Ce panel comprenait des étudiants et des membres du personnel de la faculté de SNV (BOUIRA).

Les participants ont évalué la couleur, l'odeur, la texture, le goût et l'acceptabilité globale des biscuits à l'aide d'une échelle hédonique de 10 points, allant de « moins apprécié » à « plus apprécié» (Annexe 3)

CHAPTER III

Résultats et discussion

III.1 Caractéristiques physico-chimiques de la farine étudiée

III.1.1 Résultat de la recherche des Saponines

Estimation de la quantité des saponines a révélé un indice de mousse égale à 86,5 % qui est inférieur à 100. Nous pouvons conclure que la farine de quinoa est pauvre en saponine.

III.1.2 .Composition physico-chimique de la farine

1. Mesure de pH, cendre, humidité et acidité

Les résultats des taux d'humidité, de pH et de cendre et l'acidité de la farine de quinoa sont rapportés dans le tableau n2

Tableau 2. **Composition physico-chimique de la farine.**

| Analyse | pH | Humidité (%) | Cendres (%) | Acidité (%) |
|-------------------------|-----------|--------------|-------------|-------------|
| Farine de quinoa | 5,98±0.04 | 8,86%±0.01 | 1,7%±0.01 | 3,675% |

- **pH**

La valeur moyenne du pH obtenue est inférieure à celles rapportés par (Tapia, 2000) qui sont de l'ordre de 6.20 – 6.40 et celle de Pellegrini et al (2018) ont rapportés des valeurs oscillent entre 6.42 à 6.63 chez plusieurs cultivars en Espagne.

- **Humidité**

Les résultats du tableau montre que la farine de quinoa présentent un taux d'humidité faible par rapport au d'autre recherche que les travaux de (Tapia, 2000) qui a signalé un taux d'humidité de 9.4% – 13.4%, cela signifie que la poudre du quinoa à une bonne aptitude pour la conservation. Nos résultats sont similaires aux résultats rapportés par (Pellegrini et al 2018).

- **Cendres**

La teneur en cendres, qui est liée à la teneur en minéraux, était inférieure (1,7%) à celle d'autres variétés de quinoa. Certains types de quinoa ont été rapportés avec des teneurs en

condres allant de 2 à 3,7 %. Cette variation peut être due aux conditions environnementales pendant la récolte (Contreras-Jiménez et al., 2019).

- **Acidité**

L'acidité des graisses est un paramètre sensible et important pour déterminer la qualité des farines. Cela indique des changements biochimiques lors du stockage des farines. L'acidité de la farine est due aux matières grasses transformées en acides gras par son vieillissement au cours d'un long stockage.

Nous avons enregistré une teneur d'acidité de 3,68%, Ce pourcentage est inférieur à celui rapporté par (Universidad Veracruzana *et al.*, 2019)

III.1.3 Teneur en protéines, lipides et glucides

Les résultats de la composition en protéines, lipides et glucides sont rapportés dans le tableau 3 et figure 6.

Tableau 3. Teneur en lipides et en protéine

| Analyse produit | Protéines (%) | Lipides (%) | Glucides (%) |
|------------------|---------------|-------------|--------------|
| Farine de quinoa | 17,28 ± 0,475 | 3.6 ± 0.14 | 68.56 |

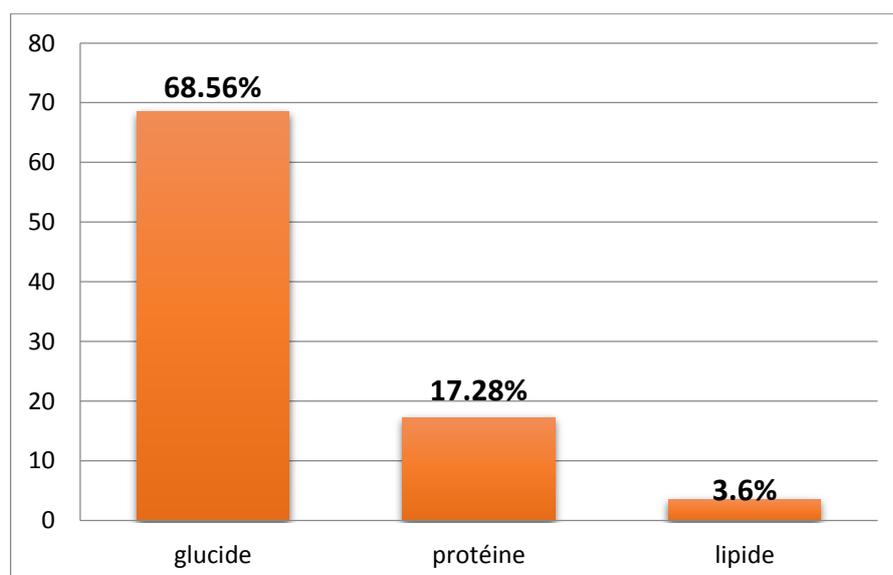


Figure 6: Teneur en macronutriments.

- **Protéine**

Le résultat montre que la teneur en protéine du quinoa est de $17,28 \pm 0,475$ % Ms. Qui est élevé par rapport à celle obtenue par Jiménez et ses collaborateurs (13,46 %). Par rapport aux céréales, la teneur en protéines de la farine de quinoa est plus élevée. Par exemple, la teneur en protéines du blé ($\approx 9\%$), du maïs (4-9%) et du riz (8,6%). En comparant la teneur en protéines de la variété de quinoa évaluée dans cette étude, nous constatons qu'elle est similaire à d'autres valeurs rapportées sur différentes variétés de quinoa, qui vont de 12 à 20 % de protéines. La teneur élevée en protéines de la farine de quinoa en fait un produit intéressant pour différentes formulations alimentaires, y compris les desserts aux fruits, les farines céréalières et d'autres utilisations. En ce qui concerne la qualité protéique du quinoa, il a été rapporté qu'il contient seize acides aminés essentiels qui sont primordiaux pour la santé humaine (Contreras-Jiménez et al., 2019).

- **Taux de matière grasse**

La teneur en lipides, la farine de quinoa analysée dans ce travail a montré une valeur plus faible (3,6%) par rapport aux autres variétés de quinoa (9,6%). Cependant, la teneur en lipides était supérieure à celle de céréales telles que le maïs jaune (4,7 %), le blé dur (1,7 %) et le riz blanc (0,7 %) (Contreras-Jiménez et al., 2019).

III.1.4 Techno-fonctionnelles

Tableau 4. Résultats de la capacité d'absorption et du gonflement d'eau et d'huile.

| Analyse produit | (CAH) (%) | (CAE) (%) |
|------------------|------------|------------|
| Poudre de quinoa | 0.91 (g/g) | 0,12 (g/g) |

1. Capacité d'absorption d'eau (CAE) et d'huile (CAH)

La capacité d'absorption d'eau de quinoa est de 0,12 CAE (g/g). Par ailleurs, la capacité d'absorption d'huile est de 0,91 CAH (g/g).

Les résultats du coefficient d'absorption d'eau (CAE) sont inférieurs à ceux rapportés par (Diallo Koffi et al. 2015), qui ont trouvé une valeur de 1,73 g/g. Cette disparité dans les capacités d'absorption d'eau des farines peut être attribuée à l'affinité des acides aminés polaires des protéines avec les molécules d'eau, ainsi qu'aux compositions en glucides, qui peut également jouer un rôle dans cette capacité.

En ce qui concerne la capacité d'absorption d'huile (CAH), la farine de quinoa présente une valeur de CAH d'environ 1,38 g/g selon (Diallo Koffi et al. 2015). La CAH d'un produit d'origine végétale est définie par sa capacité à retenir l'huile, ce qui influence les propriétés techno-fonctionnelles des produits alimentaires formulés. Les composants hydrophobes, tels que les fibres insolubles, sont principalement responsables de cette capacité d'absorption d'huile (Kinsella et Melachouris, 1976).

III.1.5 Analyses physico-chimiques des cookies

III.1.5.1 Mesure de pH et de l'humidité

Les résultats des taux d'humidité et pH des cookies à base de quinoa sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5. Résultats de la mesure de pH et d'humidité.

| Paramètre | pH | Humidité |
|-----------|------|----------|
| Cookies | 6.87 | 13.2% |

- **pH**

Le pH des cookies élaborés été 6.87, ce résultat est en accord avec les résultats obtenus par (Majzoobi, 2016).

- **Humidité**

Nous avons enregistré un taux le taux d'humidité d'une valeur de 13.2%, cette valeur est très élevée. Ce qui peut être dû à la teneur élevée en protéines dans la farine de quinoa. Une étude a montré que la teneur en humidité des produits de boulangerie augmente proportionnellement à l'augmentation de leur teneur en protéines (Chopra et al., 2018)

Teneur en protéines et en lipides et en protéines

Tableau 6. Résultats de la teneur en protéines et lipides.

| Analyse produit | Protéine (%) | Lipides (%) | Glucides (%) |
|-----------------|--------------|-------------|--------------|
| Cookies | 5,75 | 18,22 | 62,83 |

- **Teneur en protéines**

Dans notre étude, le taux des protéines est 5,75%, cette valeur est très diminuée. les protéines se dégradent avec l'augmentation de la période et des conditions de stockage. La teneur en protéines a diminué avec l'augmentation de la période de stockage, ce qui pourrait être dû à la détérioration des protéines (Daraz et al, 2020)

- **Teneur en lipides**

Dans notre étude le taux des lipides est 18, 22%, cette valeur est diminuée. la diminution de la teneur en matières grasses des biscuits peut être due à la capacité élevée d'absorption et de rétention de l'huile de la farine de quinoa (Chopra et al., 2018)

- **Teneur en glucides**

Dans notre étude le taux des glucides est 62,83%. Cette valeur est élevée par rapport à celle obtenue par Nisar et ces collaborant 41,51% dans ces études sur la farine de quinoa et la farine de blé dans leurs étude La diminution de la teneur en glucides des biscuits pourrait être due à leur teneur plus faible en farine de graines de quinoa qu'en farine de blé (Niser et al, 2018).. Ce qui est le contraire dans notre étude qui pourrait être du a la quantité de sucre ajouté pendant la fabrication de cookies.

III.1.6 Rapport d'étalement des cookies.

Le rapport d'étalement RE des cookies est égale 5,45 mm

Le rapport d'étalement (spread ratio) représente le ratio du diamètre à la hauteur. Ainsi, les effets du sucre sur le diamètre (dissolution du sucre) et la hauteur (inhibition du développement du gluten) sont combinés en un seul paramètre. Les cookies ayant un ratio d'étalement plus élevé sont considérés comme les plus désirables (Finney et al. 1950 ; Kissel et Prentice 1979).

L'augmentation du rapport d'étalement RE est liée à la teneur en matières grasses ; c'est-à-dire qu'avec une augmentation de la teneur en matières grasses, il y a une augmentation du rapport d'étalement.

Valeur énergétique

La valeur énergétique des cookies est de 347,2 Kcal.

III.1.7 Analyses sensorielles hédoniques des cookies

L'analyse sensorielle est une discipline scientifique qui vise à mesurer, analyser et interpréter les réactions des individus à des produits perçus par les sens (vue, odorat, goût, toucher et ouïe). Elle est couramment utilisée dans les industries alimentaires et d'autres secteurs pour évaluer la qualité, la satisfaction et les préférences des consommateurs concernant différents produits (Lawless et Heymann, 2010).

Chaque critère de qualité sensorielle est noté sur une échelle de 0 à 10 points, et les moyennes de ces notes, présentées dans le tableau ci-dessous (Tab.7).

Tableau 7. Moyennes des critères sensorielles.

| Critère | Couleur | Odeur | Forme | Goût | Texture | Estimation globale |
|---------|---------|-------|-------|------|---------|--------------------|
| Moyenne | 8,47 | 8,1 | 7,34 | 8,28 | 8,28 | 8,19 |

D'après les moyennes obtenues par le tableau (tab.7), Nous avons réussi à établir le profil sensoriel des cookies élaborés (Fig.15).

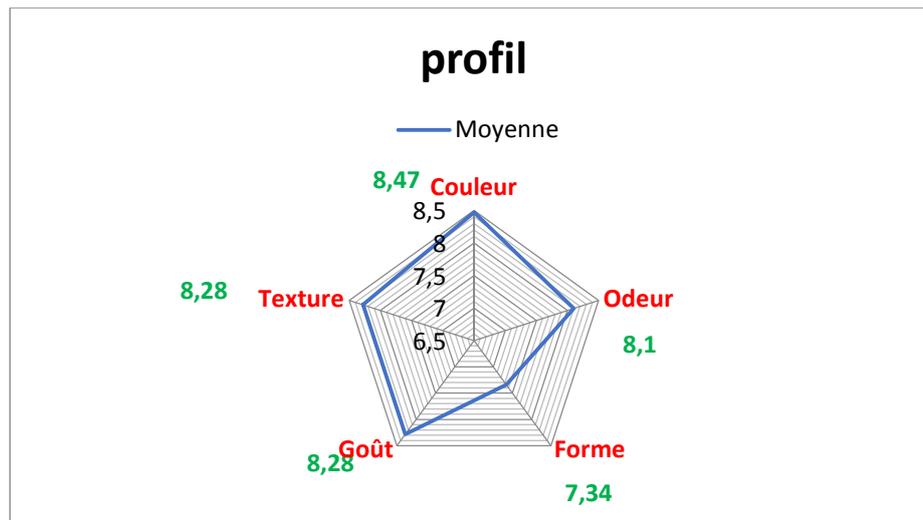


Figure 7 : Profil sensoriel des cookies élaboré

- **Couleur**

La couleur est un attribut visuel crucial qui influence fortement la perception et l'acceptabilité d'un produit par les consommateurs. Elle peut affecter les attentes sensorielles globales et est souvent utilisée comme indicateur de qualité, de fraîcheur, et de saveur anticipée (Lawless et Heymann, 2010).

D'après d'une moyenne de 8.47, indique une perception très positive (excellente) de cet aspect du produit. Une telle note suggère que la couleur du produit est largement appréciée par les évaluateurs, répondant bien aux attentes visuelles. Cette haute appréciation peut être liée à des qualités telles que l'attrait visuel, l'association avec des standards de qualité, et la fraîcheur perçue.

- **Odeur**

L'odeur, dans le cadre de l'analyse sensorielle, fait référence à la perception des substances volatiles par le système olfactif. C'est une composante clé de l'évaluation sensorielle des produits alimentaires, des parfums, et d'autres substances (Meilgaard et Carr, 2007).

Les dégustateurs ont jugé que le biscuit a une odeur (agréable) d'une moyenne de 8.1, marquée par des arômes intenses de vanille et de pépites de chocolat noir, sans présence d'odeurs étrangères, désagréables ou altérées.

- **Forme**

La forme fait référence à l'apparence physique ou structurelle d'un produit évalué. Cela inclut des aspects tels que la taille, la forme, la couleur, la texture et la croissance visuelle du produit (Bleibaum et Thomas, 2012).une moyenne de 7.31, indique généralement une évaluation positive (acceptable)mais peut-être avec quelques réserves ou aspects à améliorer. Cela suggère une perception généralement bonne de la forme évaluée, mais pas exceptionnelle.

- **Goût**

Le goût, dans le contexte de l'analyse sensorielle, se réfère à la perception des sensations gustatives par la langue. Il est souvent décrit comme l'une des principales modalités sensorielles impliquées dans la dégustation des aliments (Meilgaard et Carr, 2006).

- **Texture**

La texture est définie comme étant l'ensemble des propriétés physiques d'un aliment perçues par les sens de la vue, du toucher (à la main et en bouche) et parfois de l'ouïe. Elle inclut des caractéristiques telles que la dureté, la cohésion, la viscosité, l'élasticité, et la friabilité, qui influencent la manière dont un aliment se comporte sous une force appliquée et comment il est perçu durant la mastication (Bourne, 2002).

Les dégustateurs ont qualifié la texture du biscuit élaboré de « croustillante », avec une note moyenne de 8,28.

Conclusion

Cette étude a pour but d'élaborer des cookies sans gluten à base de farine de quinoa.

Les résultats montrent que la farine de quinoa présente un taux d'humidité faible 8,86 %, un pH 5,98. Une teneur élevée en cendres 1,7% et en glucides 68.56 % et protéines 17,28 % et faible teneur en lipides 3.6%.

En considérant les valeurs de ses capacités d'absorption d'eau et d'huile sont respectivement 0,12 (g/g) 0.91 (g/g) respectivement ; nous pouvons dire que la du quinoa farine est de bonne qualité.

L'étude a révélé que les cookies peuvent être formulés avec succès en utilisant de la farine de quinoa et présentent une bonne qualité sensorielle.

La farine de quinoa peut être une alternative pour développer la gamme des farines sans gluten utilisées dans les produits de boulangerie ou de pâtisserie destinés aux consommateurs souffrant de la maladie cœliaque.

Cette étude ouvre les voix à :

- Étudier la qualité microbiologique, biochimique et nutritionnelle des cookies sans gluten à base de quinoa.
- Etudier la stabilité et son aptitude à la conservation ;
- Faire une étude technico économique sur le coût des cookies ;
- Penser à la commercialisation de ces cookies en Algérie.

Références bibliographiques

- ♦ Abugoch James, L.E., 2009. Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), in: *Advances in Food and Nutrition Research*. Elsevier, pp. 1–31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)

- ♦ ALLAOUÏ, A., BENLHABIB, O. and JELLEN, E.N. (2022) ‘Caractérisation agromorpho-phénologique des lignées IRL-3,-4 et-5 de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)’, *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 10(1). Available at: https://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/1127

- ♦ AMAL, K. (2012) ‘PROFIL EPIDEMIOLOGIQUE ET PRISE EN CHARGE DE LA MALADIE COELIAQUE DE L’ADULTE A L’HOPITAL MOHAMED V DE MEKNES (A propos de 93 cas)’. Available at: <https://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/22586/95-12.pdf?sequence=1>

- ♦ AOAC. Official method of analysis of the Association of official Analytical Chemist. 5th ad. AOAC Press Arlington, Virginia, USA. Applied Studies 4 (1) : 155-164, 2005.

- ♦ AOUDJ, K. and BOUBEKEUR, K. (2022) *L’effet de la salinité et du stress hydrique sur la germination et la croissance au stade juvénile chez l’espèce (*Chenopodium quinoa* Willd)*. PhD Thesis. Université Ibn Khaldoun-Tiaret-. Available at: <http://dspace.univ-tiaret.dz/handle/123456789/9418>.

- ♦ Axtell, B. and Fellows, P. (2005) ‘Créer et gérer une petite entreprise agroalimentaire’. Available at: <https://cgspace.cgiar.org/items/83444a99-97ed-4563-9ca4-c9a9f698e6da>

- ♦ Bachir, H.H. (no date) ‘ETUDE DE COMPORTEMENT AGRONOMIQUE DE QUELQUES VARIETES DE QUINOA (*Chénopodium Quinoa*. Willd) DANS LA REGION D’ADRAR; ZONE DE T’SABIT’. Available at: <https://www.academia.edu/download/95971838/MEMOIRE.pdf>

- ♦ Barbaud, A. and Waton, J. (2016) *Actualités en Dermato-Allergologie, Nancy 2016: 37e cours d’actualisation*. John Libbey Eurotext. Available at: <https://books.google.com/books>.

- ♦ Barbe, N.-B. (2000) 'Le rire: Désacralisation ou manière de diffuser le sacré? L'exemple du pet dans les textes et légendes populaires', in *Colloque International GRELIS-LASELDI/CORHUM (2000, Besançon)*. PUFC. Available at: <https://hal.science/hal-03192404/document>.
- ♦ Bareche, L. (2017) *Essai de production de fourrage hors sol d'une variété d'orge local sans solution nutritive*. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri. Available at: <https://www.ummo.dz/dspace/bitstream/ummo/10188/1/Bareche%20Lamia.pdf>
- ♦ BEN REZKIA, R. and YAGOUB, S. (no date) *Composition chimique de la partie végétale de deux variétés de quinoa (Chenopodium quinoa Willd) cultivées dans la région de Ouargla*. PhD Thesis. UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA. Available at: <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/28672>
- ♦ Benkadri, S. and Zidoune, M.N. (2010) *Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants coeliaques*. PhD Thesis. Université Frères Mentouri-Constantine 1. Available at: <http://archives.umc.edu.dz/handle/123456789/10158>
- ♦ Bernard Charbonnel, D.P. (2007) *L'obésité abdominale, une maladie métabolique*. John Libbey Eurotext. Available at: <https://books.google.com/books>
- ♦ Besancenot, J.F. and Devilliers, H. (2012) 'Sensibilité au gluten, maladie cœliaque et manifestations neurologiques', *La Lettre du neurologue*, 16(9), pp. 306–310. Available at: <http://association.gens.free.fr/>.
- ♦ Bourne, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press.
- ♦ Boumedine, T.L. and Attar, T. (2022) *La maladie cœliaque: le régime alimentaire adapté*. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri. Available at: <https://dspace.ummo.dz/items/3b454939-682e-4c3f-a521-13952fe4537b> .
- ♦ Brabant, M. (2013) 'La maladie cœliaque et les allergies alimentaires sévères: les effets sur les relations sociales au Québec'. Available at: <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/10034>.

- ♦ Bradford M.M., 1976- A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. Vol 72.p: 248-254.
- ♦ Broutain, C. (2001) 'Fabriqué des biscuits à base de farine composée', *PME Agroalimentaires, Biscuiteries*, 20.
- ♦ Cassuto, D.-A. (2013) *Qu'est-ce qu'on mange?: L'alimentation des ados de A à Z*. Odile Jacob. Available at: <https://books.google.com/books>
- ♦ Cauvain, S.P. (2016) 'Cookies, Biscuits and Crackers: Formulation, Processing and Characteristics', in *Encyclopedia of Food Grains*. Elsevier, pp. 37–43. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00119-4>.
- ♦ Cheftel, J.C. (1980) *Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments*. Technique et Documentation: Enterprise Moderne.
- ♦ Chopra, N. *et al.* (2018) 'Physico-Nutritional and Sensory Properties of Cookies Formulated with Quinoa, Sweet Potato and Wheat Flour Blends', *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(3), pp. 798–806. Available at: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22>.
- ♦ Contreras-Jiménez, B., Torres-Vargas, O.L. and Rodríguez-García, M.E. (2019) 'Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch', *Food Chemistry*, 298, p. 124982. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124982>.
- ♦ Corbeau, J.-P. *et al.* (2010) *Rapport du groupe PNNS sur la qualité gustative des aliments et environnement des repas: restauration scolaire, hospitalière et aide alimentaire*. PhD Thesis. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité Available at: <https://hal.science/hal-01191301/>.
- ♦ Coulibaly, F. (2022) 'Caractérisation phénologique et agromorphologique de variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) à Ziguinchor'. Available at: <https://rivieresdusud.uasz.sn/handle/123456789/1693>

- ♦ Cremers, G. (1986) *Architecture végétative et structure inflorescentielle de quelques Melastomaceae guyanaises*. IRD Editions. Available at: <https://books.google.com/books>
- ♦ Daraz. O., Farooq. U., Shafi. A., Hayat. K., Khan. M. Z. 2020. Development of Quinoa (*CHENOPODIUM QUINOA*) supplemented cookies. *Agric. Sci. J.* 2(1): 56-66. Available at : <https://www.researchgate.net/publication/358638748>
- ♦ Dagnaud, M., Bonnet, M. and Depondt, S. (2000) *Médias: promouvoir la diversité culturelle*. Documentation française. Available at: https://migrant-integration.ec.europa.eu/sites/default/files/2009-07/doc1_9076_462836465.pdf
- ♦ Davidson, I. (2019) *Biscuit, cookie and cracker production: process, production and packaging equipment*. London: Academic press.
- ♦ Del Castillo, C., Mahy, G. and Winkel, T. (2008) ‘La quinoa en Bolivie: une culture ancestrale devenue culture de rente" bio-équitable"’, *BASE* [Preprint]. Available at: <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=3216&gathStatIcon=true&lang=es>.
- ♦ Delacharlerie, S. *et al.* (2008) *HACCP organoleptique: Guide pratique*. Presses agronomiques de Gembloux. Available at: <https://books.google.com/books> .
- ♦ Denis, A. (2011) ‘Les biscuits et gâteaux: toute une diversité’, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 46(2), pp. 86–94. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007996010001550> Desjardins, M.-C. (2013) ‘Contribution à l’analyse critique de la certification du commerce équitable depuis une perspective juridique: l’exemple du secteur viticole’. Available at: <https://corpus.ulaval.ca/entities/publication/10c1a61c-3b2f-4685-98f1-11100dea1f19>.
- ♦ Dickason, O.P. (1996) *Les premières nations*. Les éditions du Septentrion. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ♦ Djebairia Affef, H.Z. (2016) ‘Valorisation du lactosérum: Incorporation dans un gâteau sec’. Available at: <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/1149> .
- ♦ Dohou N., Yamni K., Tahrouch S., Idrissi Hassani L.M., Badoc A., Gmira N., 2003- Screening phytochimique d’une endémique Ibéro Marocaine *Thymelaea lythroides*. Ed., Bull. Soc. Pharm., Bordeaux, p: 67.

- ◆ Dugué, M.-J., Delille, H. and Malgrange, S. (2012) 'Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne', *Etude de capitalisation réalisée sur les terrains de coopération d'AVSF*, 50. Available at: <https://duddal.org/files/original/>.
- ◆ Dumais, O. (1999) *La gastronomie en plein air*. Québec Amérique. Available at: <https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=pEpQGbOnuaUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Le+processus+consiste+%C3%A0+refroidir+les+biscuits+%C3%A0+l%27air+frais+afin+de+les+d%C3%A9barrasser+de+leur++humidit%C3%A9&ots=pzvflmzk2l&sig=haWQE7P7WdXS9GJ4ESv0qyLxPNo>.
- ◆ Eddine, M.B. (no date) 'Diagnostic des pratiques agricoles et de la production de Quinoa en régions arides algériennes'. Available at: http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/22301/1/MENA_Baha_Eddine.pdf.
- ◆ El Amine, E.D.D.A. and Mostaganem, M. (no date) 'Valorisation du germe de blé dans la formulation d'une farine améliorée de qualité biscuitière'. Available at: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream>.
- ◆ El Badmoussi, S. (2022) 'Maladie cœliaque: diagnostic et traitements'. Available at: <https://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/19236/P0592022.pdf?sequence=1>.
- ◆ El-Hannach, S. (2010) 'L'intérêt de la biopsie jéjunale dans le diagnostic de la maladie coeliaque chez l'enfant: à propos de 265 cas'. Available at: <https://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/22282/87-10.pdf?sequence=1>.
- ◆ Favre, E. and Robert, M. (1912) 'Fibres alimentaires', *Alimentation de l'enfant en situations normale et pathologique* [Preprint]. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ◆ Feillet, P. (2000) *Le grain de blé: composition et utilisation*. Quae.
- ◆ foucault, A.-S. (2014) *L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech)*. PhD Thesis. Citeseer. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu>.
- ◆ Fumey, G. and Williot, J.-P. (2021) *Histoire de l'alimentation*. QUE SAIS-JE.

- ♦ Gallier, M. (2020) 'Entre phénomènes de mode et nouvelles tendances de consommation'. Available at: <https://sonar.ch/global/documents/314928>.
- ♦ Gendron, C., Torres, A.P. and Bisailon, V. (2009) *Quel commerce équitable pour demain?: pour une nouvelle gouvernance des échanges*. ECLM. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ♦ Ghisolfi, J. *et al.* (2013) 'Les aliments industriels (hors laits et céréales) destinés aux nourrissons et enfants en bas âge: un progrès diététique?', *Archives de pédiatrie*, 20(5), pp. 523–532. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929693X13001929>.
- ♦ Gin, H., 2004. Nutrition et diabète : diététique pratique. EMC - Médecine 1, 46–50. <https://doi.org/10.1016/j.emcmed.2003.10.008>
- ♦ Grébil, G. *et al.* (2001) 'La dissipation des produits phytosanitaires appliqués au sol', *Sciences Eaux & Territoires*, (Spécial Ingénieries-EAT-14), pp. 31–44. Available at: <https://revue-set.fr/article/view/5912>.
- ♦ G.-B. and Da, D.-R. (2016) 'Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from Nutritional Value to Potential Health Benefits: An Integrative Review', *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 06(03). Available at: <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000497>.
- ♦ GUENNOUNI, M. (2021) 'Impact du Régime Sans Gluten sur l'Etat Nutritionnel et la Qualité de Vie des patients atteints de la Maladie Coeliaque, Et Évaluation de la Qualité Nutritionnelle et Microbiologique, de la Teneur en prolamine et de la Sécurité Sanitaire des Aliments Sans Gluten'. Available at: <https://toubkal.imist.ma/handle/123456789/25415>.
- ♦ Harra, N.M., Lemm, T., Smith, C., Gee, D., 2011. Quinoa Flour Is an Acceptable Replacement for All Purpose Flour in a Peanut Butter Cookie. *J. Am. Diet. Assoc.* 111, A45. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2011.06.157>
- ♦ Héraud, A. (1884) *Nouveau dictionnaire des plantes médicinales*. Baillière. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ♦ James, G. (no date) *Alimentation et nutrition*. Gilad James Mystery School. Available at: <https://books.google.com/books>.

- ◆ Jamouille, M. *et al.* (2000) 'Traitement de l'information médicale par la Classification Internationale des Soins Primaires CISP-2 Deuxième version'. Available at: <https://orbi.uliege.be/>.
- ◆ Jeantet, R. *et al.* (2006) *Science des aliments: biochimie, microbiologie, procédés, produits. Stabilisation biologique et physico-chimique*. Ed. Tec & Doc.
- ◆ Kara, K. and Bouchareb, R. (no date) 'Caractérisation protéique des différentes graines de l'espèce quinoa'. Available at: <https://fac.umc.edu.dz/>.
- ◆ Karaveli, A.B. *et al.* (no date) 'Parameter Extraction Methods of Thin Film Photovoltaic Panel using Five Enhanced Models (ID-28)'
- ◆ Keo, Y.O.U. (2014) 'L'AMAIGRISSEMENT D'ORIGINE IATROGENE ET CONSEILS A L'OFFICINE'. Available at: http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUPHA_T_2014_YOU_KEO.pdf.
- ◆ *La culture du quinoa - Priméal* (2017). Available at: <https://www.primeal.bio/fr/on-vous-conseille/la-culture-du-quinoa>.
- ◆ Lagacé, J. (2016) *Une alimentation ciblée pour préserver ou retrouver la santé de l'intestin: l'effet antidouleur de la diète hypotoxique*. Groupe Fides Inc. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ◆ Lahlou, S. (1995) *Penser Manger. Les représentations sociales de l'alimentation*. PhD Thesis. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS). Available at: <https://theses.hal.science>.
- ◆ Laurent, F. (2020) 'Réussir l'implantation des cultures: enjeux agroécologiques, itinéraires techniques'. Available at: <https://www.torrossa.com>.
- ◆ Lawless, H.T. and Heymann, H. (2010) *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. New York, NY: Springer New York (Food Science Text Series). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>.
- ◆ LIMOGES, B. (1969) *ACTUALITE DE LA MALADIE COELIAQUE*. PhD Thesis. UNIVERSITE DE LIMOGES. Available at: <https://aurore.unilim.fr>.
- ◆

- ♦ Jnawali, P., Kumar, V., Tanwar, B., 2016. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Sci. Hum. Wellness* 5, 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.09.003>
- ♦ Londeix, O. (2012) ‘Une innovation de procédé’, in *Le biscuit et son marché : Olibet, LU et les autres marques depuis 1850*. Tours: Presses universitaires François-Rabelais (Tables des hommes), pp. 41–64. Available at: <https://doi.org/10.4000/books.pufr.22477>.
- ♦ Lorenz, K., Coulter, L., Johnson, D., 1995. Functional and sensory characteristics of quinoa in foods, in: *Developments in Food Science*. Elsevier, pp. 1031–1041. [https://doi.org/10.1016/S0167-4501\(06\)80216-5](https://doi.org/10.1016/S0167-4501(06)80216-5)
- ♦ Maache-Rezzoug, Z. *et al.*(1998) ‘Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits’, *Journal of Food Engineering*, 35(1), pp. 23–42. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026087749800017X> .
- ♦ Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (2007) *Sensory evaluation techniques*. 4th ed. Boca Raton: Taylor & Francis.
- ♦ Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2006). *Sensory Evaluation Techniques* (4th ed.). CRC Press.
- ♦ Menasra, A. (2020) *Etude de la formulation et des traitements technologiques des biscuits enrichis*. PhD Thesis. UB1. Available at: <http://dspace.univ-batna.dz/handle/123456789/571>.
- ♦ Mesclier, E. *et al.* (2011) ‘Héritages des réformes agraires’. Available at: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2021-05/010052710.pdf
- ♦ Miller, R. (2016) ‘Biscuits, Cookies and Crackers: Nature of the Products’, in *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, pp. 445–450. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00075-1>.
- ♦ Moles, A. and Rohmer, E. (1996) ‘Le cursus scientifique d’Abraham Moles’, *Bulletin de micropsychologie* [Preprint], (28–29). Available at: http://www.infoamerica.org/documentos_pdf/moles_autobiografia.pdf.

- ♦ Mohammad Nisar, DR More, Syed Zubair, AR Sawate, SI Hashmi *International journal of chemical studies* 6 (2), 3380-3384, 2018
- ♦ Namous, H. and Benatallah Benchikh El Feggoun, L. (2013) *Formulation d'une farine-biscuit de sevrage sans gluten à base de Riz, Maïs et Pois Chiche*. PhD Thesis. Université Frères Mentouri-Constantine 1. Available at: <http://archives.umc.edu.dz/handle/123456789/10195>.
- ♦ Néraud, J. (1866) *Botanique de ma fille*. Bibliothèque d'éducation et de récréation. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ♦ Parmentier, B. (2011) *Manger tous et bien*. Paris: Éd. du Seuil. available at: <https://www.eyrolles.com/Loisirs/Livre/manger-tous-et-bien-9782021052664/>
- ♦ Perrier-Robert, A. (2012) *Dictionnaire de la gourmandise*. Bouquins.
- ♦ Pouteau, R. (2008) 'Risques de gel et scénarios climatiques dans l'altiplano sud de Bolivie: spatialisation de la vulnérabilité écologique des cultures de quinoa', *Mémoire de master. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Francia* [Preprint]. Available at: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers19-11/010047302.pdf
- ♦ Rafaralahinirina, C.M. (2023) *Structuration d'une filière quinoa dans les pays du Maghreb: Analyse critique à partir du cas du Maroc*. PhD Thesis. Institut Agro Montpellier. Available at: <https://agritrop.cirad.fr/606994/>
- ♦ Rivière-Wekstein, G. (2012) *Bio fausses promesses et vrai marketing*. Le Publieur. Available at: <https://books.google.com/books>
- ♦ Saadoudi, M. (2019) *Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits alimentaires à base du fruit de Zizyphus lotus L*. PhD Thesis. UB1. Available at: <http://41.111.218.236/handle/123456789/652>.
- ♦ Saint Eve, A.I. et al. (2017) 'Protéines végétales pour une santé globale'. Available at: <https://www.researchgate.net>.
- ♦ Schagerl, S.G. (2018) *Aliments pour une thyroïde efficace: Comment une alimentation correcte peut remédier aux dysfonctionnements de la glande thyroïde*. Macro Editions.

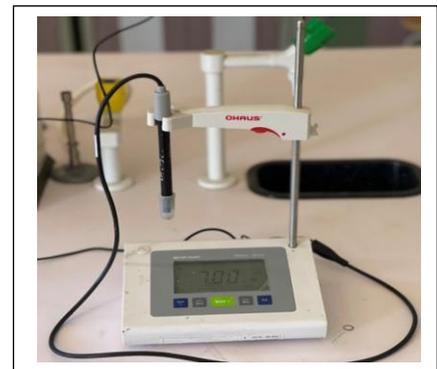
- ◆ Snyder J.C., Desborough S.L., 1978- Rapid estimation of potato tuber total protein content with Coomassie brilliant blue G-250. *Theor Appl Genet* , 52:135-139.
- ◆ SOUMAYA, A. (2015) 'Maladie cœliaque chez l'enfant et l'adulte'. Available at: <https://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/18964/P0752015.pdf?sequence=1>
- ◆ Spichiger, R.-E. and Jeanmonod, D. (2002) *Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales*. PPUR presses polytechniques. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ◆ Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S.-E., Milovanovic, M., 2012. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *J. Cereal Sci.* 55, 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010>
- ◆ Stone, H. and Sidel, J.L. (2012) *Sensory evaluation practices*. Fourth edition. Amsterdam: Elsevier/AP (Food science and technology, international series).
- ◆ Tagzout, D. (2017) *Profil de la maladie coeuliaque de l'adulte*. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri. Available at: <https://dspace.ummt0.dz/items/50ee00e2-f937-4949-bda8-22fbffcf9e58>.
- ◆ Terrien, C. (2018) *La consommation de viande et ses substituts: enjeux, acceptabilité et évolution*. ISTE Group. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ◆ Tessier, R. (2020) *Etude de la biodisponibilité des protéines et acides aminés du tournesol chez le rat et l'Homme; mise en œuvre de la méthode double traceur*. PhD Thesis. Université Paris-Saclay. Available at: <https://pastel.hal.science/tel-03267957/>
- ◆ Universidad Veracruzana *et al.* (2019) 'Nutritional Content and Functional Properties of Quinoa Flour from Chile and Mexico', *Ciencia e investigación agraria*, 46(2), pp. 144–153. Available at: <https://doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2099>
- ◆ Webster, A. (2016) *La cuisine antiraplapla-Automne Hiver: Carnet de 60 recettes crues pour renforcer son immunité, booster son énergie et améliorer ses performances*. Soliflor. Available at: <https://books.google.com/books>.
- ◆ ZRIOUEL, A. (2021) 'Évaluation de la qualité nutritionnelle et repérage des troubles du comportement alimentaire chez des enfants et adolescents cœliaques sous régime sans gluten'. Available at: <https://toubkal.imist.ma/bitstream>.

Annexes

Annexe 1 : Matériels utilisés.



Agitateur mécanique Four à moufle



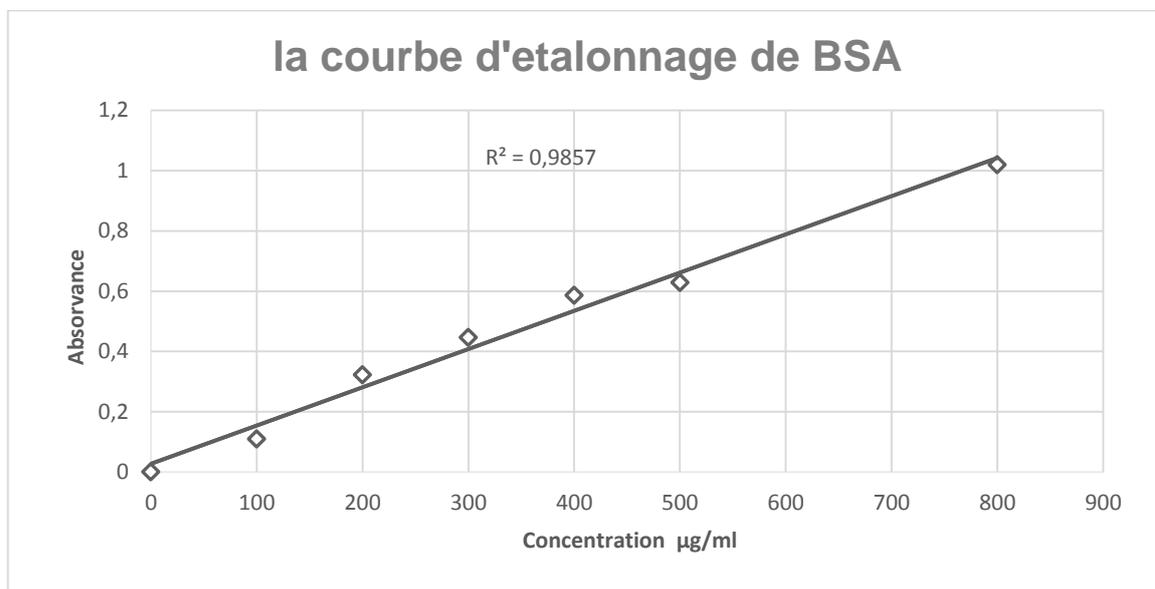
Étuve Centrifugeuse appareil de pH-mètre



Appareil de soxhlet



Balance (Original)

Annexe 2: Courbed'étalonnage.

Annexe 3: Fiche sensorielle**Fiche de profil sensoriel des cookies**

Age:

Sexe:

- Homme
 - Femme
-

1. Couleur:

- Mauvaise
- Acceptable
- Excellente

2. Couleur:

- Désagréable
- Acceptable
- Agréable

3. Forme:

- Déformé
- Acceptable
- Excellente

4. Gout :

- Désagréable
- Acceptable
- Agréable

4. Texture:

- Dure
- Acceptable
- Croustillon

Appréciation globale sur/10.

Annexe 4: **Résultats de l'analyse s sensorielle.**

| Dégustateurs / critères | Couleur | Odeur | Forme | Goût | Texture | Estimation globale des cookies |
|--------------------------------|----------------|--------------|--------------|-------------|----------------|---------------------------------------|
| 1 | 10 | 9 | 9 | 10 | 10 | 9,5 |
| 2 | 7,5 | 8 | 9 | 6 | 7 | 7,5 |
| 3 | 7,5 | 5 | 8 | 9,5 | 9 | 8 |
| 4 | 8 | 7 | 9 | 9 | 6 | 8 |
| 5 | 9 | 10 | 8 | 10 | 10 | 9,5 |
| 6 | 8 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9,5 |
| 7 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 7 |
| 8 | 9 | 8 | 5 | 10 | 9 | 8,5 |
| 9 | 9 | 10 | 6 | 8 | 7 | 8 |
| 10 | 8 | 10 | 6 | 10 | 7 | 8,5 |
| 11 | 10 | 5 | 5 | 10 | 10 | 8 |
| 12 | 10 | 10 | 10 | 8 | 9 | 9,5 |
| 13 | 8 | 9 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| 14 | 5 | 6 | 3 | 4 | 10 | 5,5 |
| 15 | 8 | 7 | 9 | 6 | 7 | 7,5 |
| 16 | 8,5 | 5 | 8,5 | 10 | 9,5 | 8,5 |
| Moyenne | 8,47 | 8,1 | 7,34 | 8,28 | 8,28 | 8,19 |

Abstract

This study examines the impact of quinoa flour substitution on the physicochemical, nutritional and sensory properties of gluten-free cookies. The results of the analysis show that the substitution of quinoa flour has an effect on the levels of protein, ash, lipids, and the energy value of the cookies. Overall, using quinoa flour significantly improves the nutritional profile of cookies. Sensory evaluation indicates that cookies made with quinoa flour had the highest scores for texture, taste, color, odor and shape.

Keywords: quinoa, gluten-free, cookies, physico-chemical, nutritional and sensory characteristics.

Résumé

Cette étude examine l'impact de la substitution de la farine de quinoa sur les propriétés physico-chimiques, nutritionnelles et sensorielles des cookies sans gluten. Les résultats de l'analyse montrent que la substitution de la farine de quinoa a un effet sur les niveaux de protéines, de cendres, de lipides, et sur la valeur énergétique des cookies. Globalement, l'utilisation de la farine de quinoa améliore significativement le profil nutritionnel des cookies. L'évaluation sensorielle indique que les cookies fabriqués avec la farine de quinoa ont obtenu les scores les plus élevés pour la texture, le goût, la couleur, l'odeur et la forme.

Mots-clés : quinoa, sans gluten, cookies, caractéristiques physico-chimiques, nutritionnelles et sensorielles

الملخص

تتناول هذه الدراسة تأثير استبدال دقيق الكينوا على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والغذائية والحسية للبسكويت الخالي من الغلوتين. أظهرت نتائج التحليل أن استبدال دقيق الكينوا له تأثير على مستويات البروتين والرماد والدهون وقيمة الطاقة للبسكويت. بشكل عام، استخدام دقيق الكينوا يحسن بشكل كبير المظهر الغذائي للبسكويت. يشير التقييم الحسي إلى أن ملفات تعريف الارتباط المصنوعة من دقيق الكينوا حصلت على أعلى الدرجات من حيث الملمس والطعم واللون والرائحة والشكل.

لكلمات المفتاحية: الكينوا، خالية من الغلوتين، الكوكيز، الخصائص الفيزيائية والكيميائية والغذائية والحسية.