MINISTERE 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/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine: SNV **Filière:** Sciences Alimentaires

Spécialité: Technologies agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par:

Djekaba Faiza et **Rahim Hanane**

Thème

Confection d'un produit sans gluten (Biscuit) à base des farines de riz et du caroube.

Soutenu le: 25/06/2024 **Devant le jury composé de:**

Nom et prénom	*Grade*		
Mme *MAHDI KH.*	*Professeure*	*Univ. de Bouira*	*Présidente*
Mme *AMMOUCHE Z.*	*MAA*	*Univ. de Bouira*	*Promotrice*
Mme *AGRANE S.*	*MAA*	*Univ. de Bouira*	*Co-promotrice*
Mme *MOHAMMEDI S.*	*MAA*	*Univ. de Bouira*	*Examinatrice*

Année universitaire: 2023/2024

Remerciements

Avant tout, nous remercions ***"Allah"*** le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

Notre reconnaissance va tout d'abord à ***Mme AMMOUCHE Z***. qui nous a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour son encadrement rigoureux et méthodique et les compétences dont elle nous a fait bénéficier an long de toutes nos études. Merci de nous avoir guidés avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour la correction de ce manuscrit.

Nous exprimons aussi nos remerciements à ***Mme SAYAH S***. maître assistant classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'UAMOB, qui a accepté de nous orienter en tant que Co-promotrice.

Nous tenons à remercier profondément à ***Mme MAHDI KH,*** maître de conférences A, à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la Terre de l'UAMOB pour avoir accepté d'examiner et de présider le jury de ce mémoire.

Nous exprimons notre estime et nos remerciements à ***Mme MOHAMMEDI S.*** maître assistant classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la Terre de l'UAMOB pour d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Finalement, nous remercions tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Table des matières

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I: Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur la maladie cœliaque..... 4

I.1.1 Définition 4

I.1.2. Épidémiologie et prévalence 5

I.1.3. Formes..... 6

I.1.4. Symptômes..... 7

I.1.5. Diagnostic 9

I.2. Régime sans gluten à base de riz et de caroube 10

I.2.1. Régime sans gluten 10

I.2.1.1. Définition de gluten 10

I.2.1.2. Traitement 10

I.2.2. Généralités sur le riz 10

I.2.2.1. Définition 10

I.2.2.2. Production mondiale 11

I.2.2.3 Quelques variétés 12

I.2.2.4. Composition et valeur nutritionnelle 13

I.2.3. Caroube 14

I.2.3.1. Définition 14

I.2.3.2. Production en Algérie 15

I.2.3.3. Utilisation agroalimentaire.....16

I.2.3.4. Apports nutritionnels 16

I.3.Technologie biscuiterie 17

I.3.1. Définition 17

I.3.2. Classification 18

I.3.3. Composition et valeur nutritionnelle 18

I.3.4. Principaux ingrédients et leurs effets 19

I.3.4.1. Farine 19

I.3.4.2. Sucre 19

I.3.4.3. Matière grasse 20

I.3.4.4. Autres ingrédients 20

I.3.4.4.1. Levure chimique 20

I.3.4.4.2. Eau 21

I.3.4.4.3. Œufs 21

I.3.5. Procédé de fabrication 21

I.3.5.1. Malaxage.....22

I.3.5.2. Pétrissage 22

I.3.5.3. Laminage.....23

I.3.5.4. Mise en forme 23

I.3.5.5. Cuisson.....23

I.3.5.6. Refroidissement 23

I.3.5.7. Conditionnement et emballage 24

I.3.6. Critères d'évaluation de la qualité du biscuit 24

I.3.6.1. Texteur.....24

I.3.6.2. Couleur.....24

I.3.6.3. Goût.....**25**

Chapitre II: Matériel et méthodes

II.1. Origine de la matière première 27

II.1.1. Matériel végétal 27

II.1.2. Préparation des farines.....27

II.2. Méthodes d'analyse physico-chimique 29

II.2.1. Humidité 29

II.2.2. PH 30

II.2.3. Taux de cendre 30

II.2.4. Lipides totaux 31

II.2.5. Protéines totales 32

II.3. Élaboration de biscuit 33

II.3.1. Présentation de produit élaboré 33

II.3.2. Étapes d'élaboration du biscuit.....34

II.4. Analyse de produit fini formulé 35

II.4.1. Analyse physico-chimique.....35

II.4.2. Analyse sensorielle 35

II.5. Analyse statistique 36

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1. Caractéristiques physico-chimiques des farines étudiées et leur mélange 38

III.1.1. Humidité 38

III.1.2. PH.....39

III.1.3. Taux de cendre.....40

III.1.4. Lipides totaux 40

III.1.5. Protéines totales 41

III.2. Résultats de l'analyse statistique 41

III.3. Caractéristiques physico-chimiques du biscuit élaboré 43

III.3.1. Humidité 43

III.3.2. PH 44

III.3.3. Taux de cendre 44

III.3.4. Lipides totaux 44

III.3.5. Protéines totales 45

III.4. Résultats de l'analyse sensorielle 45

III.4.1. Couleur 46

III.4.2. Odeur 46

III.4.3. Forme 47

III.4.4. Goût 47

III.4.5. Texteur 47

Conclusion générale 50

Références bibliographiques 53

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure 01: Atrophie villositaire totale de la muqueuse intestinale dans la maladie cœliaque 4

Figure 02: Taux de séroprévalence de la maladie cœliaque dans certains pays 6

Figure 03: Étapes de l'atrophie villositaire de la maladie cœliaque 9

Figure 04: Différentes formes de riz 11

Figure 05: Différents types de riz et procédés d'obtention.....12

Figure 06: Caroubier, gousses et graines 15

Figure 07: Différents types de biscuits 17

Figure 08: Procède de fabrication de biscuits 22

Figure 09: Grains de riz 27

Figure 10: Farine de riz 27

Figure 11: Diagramme de traitement des gousses du caroube.....28

Figure 12: Présentation du caroube a): Gousses, b): Concassage, c): Poudre de caroube. 28

Figure 13: Biscuit sans gluten élaboré 35

Figure 14: Profil sensoriel du biscuit élaboré 45

Liste des tableaux

Tableau 01: Formes de la maladie cœliaque 6

Tableau 02: Présentation clinique de la maladie cœliaque 8

Tableau 03: Production du marché mondiale de riz durant les dernières années 12

Tableau 04: Différentes variétés de riz..... 13

Tableau 05: Valeur nutritionnelle de riz 14

Tableau 06: Composition chimique de caroube 16

Tableau 07: Valeur nutritionnelle moyenne de quelques biscuits 19

Tableau 08: Résultats des analyses physico-chimiques des farines étudiées..... 38

Tableau 09: Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) des farines 42

Tableau 10: Résultats des analyses physicochimiques du biscuit élaboré 43

Tableau 11: Moyennes des critères sensorielles..... 45

Liste des abréviations

MC: Maladie cœliaque

RSG: Régime sans gluten

FAO: Food and Agriculture Organisation.

OMS: Organisation mondiale de la santé

CCLS: Coopérative des Céréales et de Légumes Secs.

Introduction

Introduction

La maladie cœliaque (MC) est une entéropathie auto-immune secondaire à la consommation de gluten chez une personne génétiquement prédisposée **(Bonaz, 2023).** Elle associe un état inflammatoire intestinal, une hyperplasie des cryptes et une atrophie villositaire **(Lamireau** et **Olives, 2016 ; Idir, 2020).**

La maladie cœliaque est considérée actuellement comme l'une des maladies gastro-intestinales les plus fréquentes **(Rashid** et **Lee, 2016).** Les études épidémiologiques ont montré que 10 % de personnes à travers le monde souffrent de la maladie cœliaque **(Boukezoula** *et* ***al*., 2015).** Dans les pays européens sa prévalence est située à 1 % **(Malamut** *et* ***al*., 2009 ; Jaafari, 2015).** En France, elle touche 1 individu sur 300, et ce chiffre est sans cesse en augmentation **(Weber, 2012),** cependant, elle est plus élevée en Afrique avec 5,6 % de personnes atteintes de la maladie, soit 5 à 10 fois plus que la prévalence mondiale. En Algérie et par manque de statistique, 1,09 % cas chez les moins de 15 ans symptomatiques sont enregistrés à Oran **(Idir, 2020).**

Le traitement de la maladie cœliaque est fondé sur le régime sans gluten à vie **(Battu, 2017; Harrathi** *et* ***al*., 2022),** qui consiste à éliminer totalement les denrées alimentaires contenant le gluten et de les substituer par d'autre sources comme les légumineuses, le maïs, la fécule de pomme de terre et le riz **(Nion-Larmurier** et **Cosnes, 2009),** considéré comme l'aliment le plus consommé dans le monde, Avec 40 000 variétés, il constitue la base de l'alimentation pour environ la moitié de la population **(Makanda** *et* ***al*., 2021; Fine Dining, 2022).** Céréale d'origine asiatique, elle est cultivée dans toutes les régions humides et ensoleillées **(Bonjean, 2020).** Le plant de riz est une graminée qui pousse généralement dans l'eau et produit une panicule contenante 100 à 200 grains de riz, Ceux-ci sont ensuite taillés et replantés lorsque la plante atteint la bonne hauteur (20 à 30 cm). Alors, la rizière est inondée. A la fin de la floraison, elle est récoltée **(Nikiéma** *et* ***al*., 2022 ; De Man** et **Chartron, 2015).**

Le riz est également un aliment à hautes qualités nutritionnelles, ce qui favorise le bien-être du corps et l'équilibre nutritionnel **(Kasote** *et* ***al*., 2021).** Comme les autres céréales, il est constitué d'amidon, qui est un composant extrêmement riche, à la haute valeur énergétique. De plus, il contient une bonne source de minéraux (magnésium et phosphore), de vitamines du groupe B et de glucides complexes qui aident à équilibrer la glycémie (les niveaux de sucre dans le sang) ; en outre, des protéines. Mais il est faible en fibres et en graisses **(Fukagawa** et **Ziska, 2019).** Le riz est naturellement exempt de gluten. Il constitue

donc un aliment idéal pour ceux qui souffrent de la maladie cœliaque et nécessitent dans leur alimentation un régime sans gluten (**Fine Dining, 2022)**

La farine de riz, utilisée dans de nombreux produits de boulangerie, et est connue comme une option saine pour la cuisine sans gluten **(Chevallier, 2021),** supplémentée à la poudre de caroube qui est un ingrédient naturellement sucré **(Fidan *et al*., 2016),** riche en fibres et contenant une teneur en lipides insignifiante **(Morais** et **Rodrigues, 2018)** a permet de confectionner un biscuit sans gluten de bonne qualité nutritionnelle ,leur permettant de trouver sur le marché un produit délicieux, accessibilité, sous diverses formes et de longue durée de conservation.

L'objectif de ce travail est la formulation d'un biscuit sans gluten à base de farine de riz et poudre de caroube, pour améliorer la situation alimentaire des maladies cœliaques Algériens.

Le premier chapitre de l'étude regroupe les données bibliographiques relatives à la maladie cœliaque et le régime sans gluten, les deux farines utilisées et à la technologie biscuitière. Le deuxième chapitre décrit la méthodologie de travail. La discussion et l'interprétation des résultats obtenus sont données dans le troisième et dernier chapitre, et nous terminons avec une conclusion générale et perspective.

Chapitre I

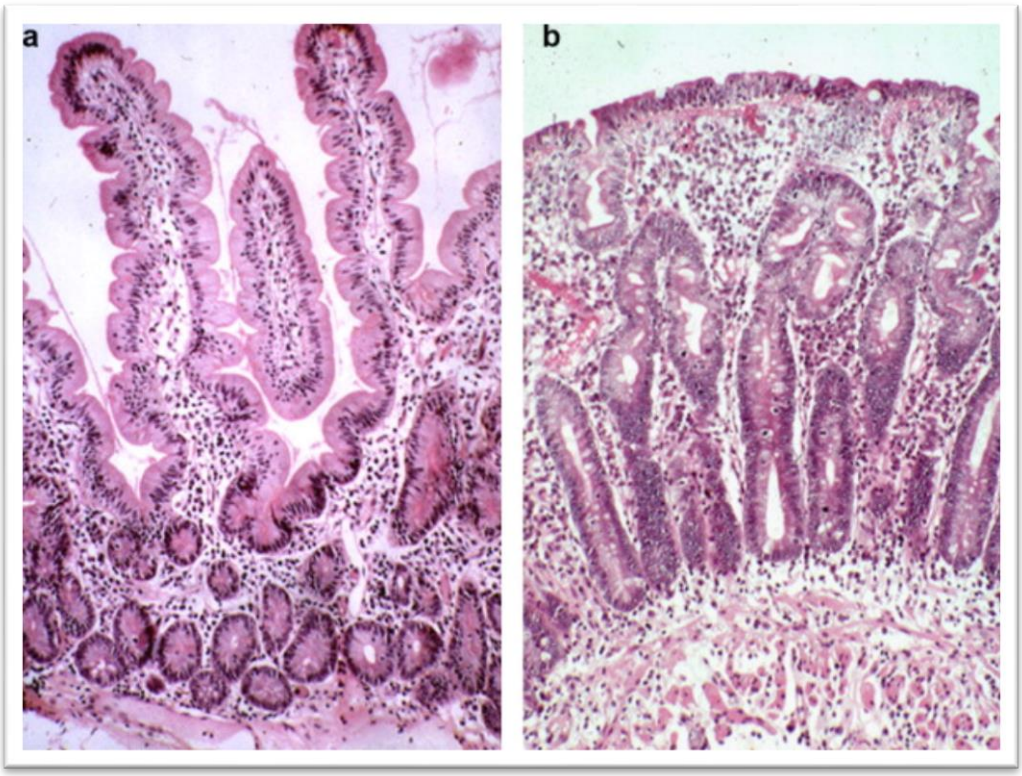
Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur la maladie cœliaque

I.1.1 Définition

La maladie cœliaque est une maladie chronique, auto-immune et multi-organe, affectant l'intestin grêle chez les enfants et les adultes génétiquement prédisposés, induite par l'ingestion d'aliments contenant du gluten **(Ludvigsson *et al*., 2013 ; Rekik *et al*., 2018 ; Garrigues *et al*., 2019 ; Torjmen *et al*., 2019 ; Vanquelin** et **Riviere, 2023).** Elle est connue aussi sous les noms de sprue cœliaque, d'entéropathie au gluten ou de sprue non tropicale.

La maladie cœliaque n'est qu'un aspect de toute une gamme de manifestations possibles à une réaction au gluten **(Fig. 01).** D'autres maladies avec un lien immunologique et une dépendance au gluten sont l'allergie au blé et la sensibilité au gluten non cœliaque **(Sapone *et al*., 2012).**



a: Muqueuse normale **b: Atrophie villositaire totale**

Figure 01: Atrophie villositaire totale de la muqueuse intestinale dans la maladie cœliaque **(Verkarre** et **Brousse, 2013).**

I.1.2. Épidémiologie et prévalence

En raison de l'évolution des méthodes de diagnostic et des études épidémiologiques, la MC est mieux décrite maintenant. La prévalence de la MC, c'est-à-dire le nombre de cas présents dans une population a beaucoup évolué. Elle est estimée à 1 % en Europe, aux États-Unis **(Green** et **Jabr**i, **2003)**, en Australie et en Argentine, contre environ une sur 1000 aux États-Unis il y a un an. La MC n'est plus une maladie rare, ni une simple maladie européenne, mais elle est devenue un problème de santé publique. En Europe, la prévalence de la MC varie selon les pays, atteint la valeur maximale de 2, celle de la Finlande est de 3 %, tandis que celle de l'Allemagne n'est que de 0,2 %. En Afrique subsaharienne et dans d'autres pays asiatiques, la prévalence de la MC reste plus faible que dans les pays occidentaux, même avec un gradient de prévalence nord-sud en baisse. La popularité des MC dans le monde devient de plus en plus évidente, notamment en Inde (plus de 1 %) et dans certains pays d'Amérique latine **(Catassi** *et* ***al*., 2015).**

Malgré que la MC augmente considérablement ses dernières années à cause des facteurs environnementaux comme, le changement soudain dans les habitudes alimentaires, la propagation d'épidémies et surtout la consommation des céréales de plus en plus toxiques fortement recommandées **(Lionetti** et **Catassi, 2011),** la maladie cœliaque n'est pas bien comprise **(Singh** *et* ***al*., 2018).**

Selon, **Schlienger, (2020),** la maladie cœliaque touche au moins 0,30 % de la population (200 000 sujets, dont seules 50 000 personnes sont diagnostiquées). Sous sa forme Symptomatique, elle touche préférentiellement les nourrissons ou les enfants par rapport aux personnes âgées.

La séroprévalence MC est la plus élevée en Asie (1,8 %), et la plus faible en Afrique (1,1 %) **(Fig. 02)** ou la prévalence de type HLA-DQ2 en Afrique subsaharienne est nettement inférieure à celle de l'Afrique du Nord **(Lionetti** et **Catassi, 2014).**



Figure 02: Taux de séroprévalence de la maladie cœliaque dans certains pays

(Singh *et al.*, 2018).

I.1.3. Formes

La maladie cœliaque est une maladie auto-immune systémique d'expression très variable. Son incidence semble en augmentation, en partie liée au meilleur dépistage des formes atypiques ou silencieuses **(Verkarre** et **Brousse, 2013).** Il y a aussi d'autres formes telles que: la forme latente et la forme réfractaire **(Tab. 01).**

Tableau 01: Formes de la maladie cœliaque.

Formes		Caractères
Forme symptomatique, regroupant deux types de formes	Forme typique	La maladie se manifeste sous forme d'une entéropathie sévère avec un syndrome de malabsorption et des signes cliniques classiques (diarrhée, ballonnement abdominale…) **(Cellier, 2006).**
	Forme Atypique	Elles représentent la majorité des patients diagnostiqués chez l'adulte, soit plus de 80% des cas. Le diagnostic de la maladie cœliaque peut être évoqué par des symptômes digestifs), ou des symptômes extra-digestifs **(Cellier, 2006)**

Forme asymptomatique–Silencieuse	L'utilisation des marqueurs sérologiques a permis d'identifier des formes silencieuses de maladie cœliaque jusqu'alors méconnues. Elles se définissent comme des maladies cliniquement asymptomatiques malgré une atrophie villositaire totale ou subtotale sur les biopsies duodénales **(Lepers *et al*., 2004).**
Forme latente	Leur définition reste controversée. Pour Ferguson, les « cœliaques latents » sont des sujets asymptomatiques ayant des anticorps circulants associés à la maladie cœliaque, présentant une hyper lymphocytose intra-épithéliale sur les biopsies duodénales, qui peuvent développer une authentique maladie cœliaque lors de l'exposition prolongée au gluten. **(Rawashdeh *et al*., 1996 ; Lepers *et al*., 2004)**
Forme réfractaire	Caractérisée par la persistance d'un syndrome de malabsorption et d'une atrophie villositaire après un an de régime sans gluten strict. **(Rostom *et al*., 2006 ; Schmitz, 2007 ; Powell, 2008 ; Schmitz** et **Garnier, 2008).**

I.1.4. Symptômes

Les symptômes de la maladie varient d'un individu à l'autre, et certaines personnes peuvent être asymptomatiques, ce qui rend l'identification de la maladie difficile. De plus, celle-ci peut être déclenchée à tout âge **(Ciclitira** et **Moodie, 2003 ; Green** et **Sellier, 2007 ; Fasano** et **Catassi, 2012).**

Généralement, les patients atteints de MC présentent les syndromes suivants: Malabsorption « MC classique » avec prédominance de diarrhée, stéatorrhée et amaigrissement, mais au fil du temps, la proportion de nouveaux patients diagnostiqué présente une augmentation de malabsorption « MC non classiques », voire asymptomatiques importantes **(Ludvigsson *et al*., 2014).**

Les patients nouvellement diagnostiqués atteints de MC **(Tab. 02)**, présentent divers signes et symptômes allant du simple inconfort, à une maladie intestinale puis à une maladie hépatique grave **(Kaukinen *et al*., 2002)** et à une neuropathie **(Chin *et al*., 2003).**

Tableau 02: Présentation clinique de la maladie cœliaque**.**

Forme classique	Forme non classique
- Diarrhée chronique - Retard staturo-pondéral/amaigrissement - Syndrome de malabsorption - Anémie micro-/normo- ou macrocytaire (carence en fer, folates et B12) - Œdèmes liés à une hypo albuminémie - Stéatorrhée.	-Digestifs: douleurs abdominales récurrentes, distension abdominale, reflux gastro-œsophagien, vomissements, constipation, syndrome de l'intestin irritable. -Extra-digestifs: asthénie chronique, lésions de l'émail dentaire, aphtoses buccales récidivantes, troubles de la reproduction, troubles neurologiques (neuropathie périphérique, épilepsie, ataxie, migraines) ou psychiatriques, ostéoporose et ostéomalacie, poly-arthralgies inexpliquées. -Maladies auto-immunes associées: dermatite herpétiforme, arthrite chronique juvénile, syndrome de Gougerot-Sjögren, cirrhose biliaire primitive, hépatite auto-immune, thyroïdite, diabète de type 1, maladie d'Addison, etc.

Dos Santos et **Lioté (2016).**

I.1.5. Diagnostic

Le diagnostic repose toujours sur l'identification de modifications histologiques de la muqueuse de l'intestin grêle. Les lésions typiques de la maladie cœliaque sont produites dans l'intestin grêle proximal, les modifications histologiques sont une atrophie villes, hyperplasie des cryptes et lymphocytose intra épithéliale **(Setty *et al*., 2008).**

Les changements histologiques de la maladie cœliaque sont classés comme suit **(Fig. 03):** (Type 0 ou stade « pré-infiltrant » (normal) ; Lésion de type 1 ou « infiltrant » (augmentation des lymphocytes intra épithéliaux) ; Lésion de type 2 ou « hyperplasique » (type 1 + cryptes hyperplasiques) ; - lésion de type 3 ou « destructrice » (type 2 + atrophie velléitaire de degrés non progressifs plus sévères, dénommée 3a, 3b et 3c **(Setty *et al*., 2008).**

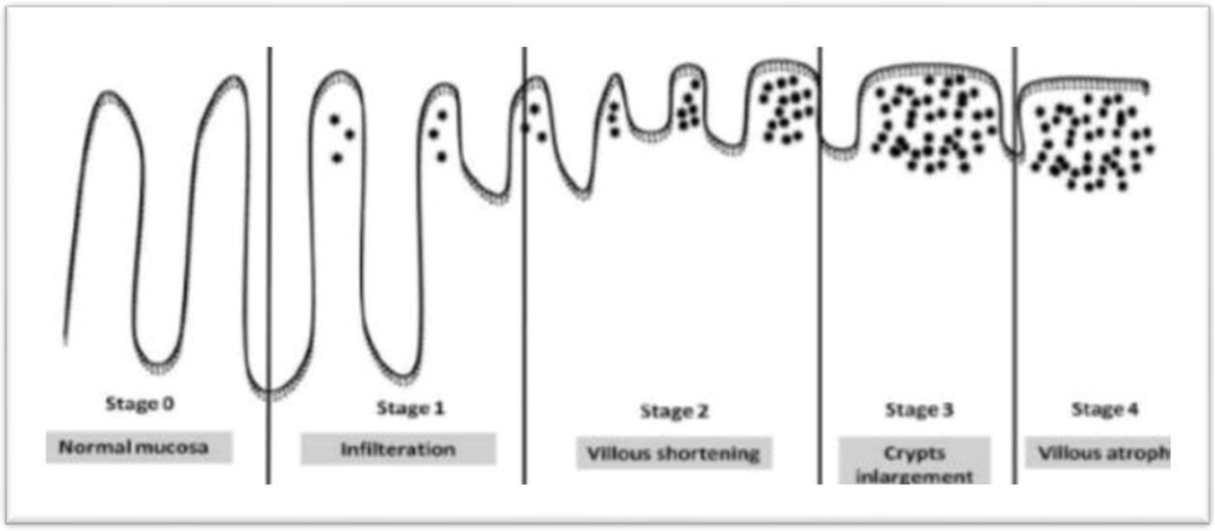


Figure 03: Étapes de l'atrophie villositaire de la maladie cœliaque

(Chhuneja et **Arora, 2020).**

Les méthodes de diagnostic ont évolué au cours des dernières décennies en raison de meilleure compréhension de la pathogenèse de la MC et disponibilité des tests, test sérologiques plus sensibles et spécifiques. En résumé, le protocole de diagnostic comprend les éléments suivants:

✓ Antécédents cliniques et symptômes;

✓ Tests sérologiques;

✓ Résultats histologiques sur la biopsie de l'intestin grêle;

✓ Réponse clinique et sérologique (éventuellement histologique) au régime sans Gluten **(Koehler *et al*., 2014).**

I.2. Régime sans gluten à base de riz et de caroube

I.2.1. Régime sans gluten

I.2.1.1. Définition de gluten

Au sens strict du terme, le gluten (du latin, colle) est une substance protéique élastique et visqueuse qui reste après l'extraction de l'amidon du blé par voie humide **(Fayet, 2011).** Il est considéré comme la principale protéine de stockage présente dans les grains de blé. Le gluten est en réalité un mélange complexe de nombreuses protéines distinctes, principalement la gliadine et la gluténine. Des protéines de stockage semblables existent dans d'autres céréales, telles que la secaline dans le seigle, l'hordéine dans l'orge et les avenirs dans l'avoine, et sont regroupées sous le terme commun de "gluten". **(Biesiekierski, 2017)**

I.2.1.2. Traitement

Le régime sans gluten (RSG) est le traitement le plus efficace connu à ce jour pour la maladie cœliaque, et il est nécessaire de le suivre à vie **(Kaddour, 2023).**

Le RSG consiste à éliminer de l'alimentation tous les produits contenant des céréales toxiques telles que le blé, le seigle et l'orge (**Nion-Larmurier, 2009).** Cela signifie qu'il faut éviter strictement les aliments tels que le pain, les pâtes, les nouilles et les produits de boulangerie qui contiennent de la farine de ces céréales **(Zriouel, 2020).** À la place, il est recommandé de se tourner vers des produits à base d'amidon de maïs, de riz ou de fécule de pomme de terre **(Nion-Larmurier, 2009).** Donc, il est important de vérifier attentivement la liste des ingrédients des aliments préparés afin de s'assurer de l'absence totale de gluten (**Zriouel, 2020).**

I.2.2. Généralités sur le riz

I.2.2.1. Définition

Le riz est la céréale la plus consommée dans les pays en développement. C'est un aliment de base pour la majorité de la population mondiale. Pratiquement tout le riz cultivé appartient à l'espèce *Oryza sativa* L. **(Bienvenido, 1994).**

En raison de son hypoallergénicité, de ses propriétés énergétiques, et de son excellente digestibilité, ce grain est considéré comme le choix le plus adapté pour les préparations alimentaires exemptes de gluten **(Abid *et al*., 2022) (Fig. 04).**

La farine de riz est une farine de base largement utilisée dans la cuisine sans gluten **(Chevallier, 2021).** Elle est obtenue par un processus de broyage humide, ce qui donne des particules très fines et uniformes **(Kaouane, 2022).** Présente de nombreux avantages pour la santé humaine, tels qu'une digestibilité élevée, une faible teneur en calories et des composants fonctionnels par rapport à la farine de blé, permettant de réduire les allergies alimentaires **(Ichikawa, *et al*., 2020).**



Figure 04: Différents formes de riz **(Landry, 2017).**

I.2.2.2. Production mondiale

Les estimations de la FAO concernant la production mondiale de céréales en 2023-2024 sont légèrement relevées et s'établissent à présent à 2 841 millions de tonnes, soit une augmentation de 1,1 pour cent (32 millions de tonnes) par rapport au niveau de l'année précédente **(FAO, 2024).**

La production mondiale de riz est estimée actuellement de 526, 4 millions de tonnes (en équivalent riz usiné). À ce niveau, la production annuelle croît de 0,5 pour cent et atteint le niveau record durant l'année 2021-2022 **(Tab. 03),** à cause d'une récolte globale abondante en Asie, ainsi qu'une croissance de la production en Afrique et aux États-Unis d'Amérique **(FAO, 2024).**

Tableau 03: Production du marché mondial de riz durant les dernières années.

Année	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024	Avril 2024
Production	503,5	518,1	526,0	524,0	526,2	526,4
Disponibilité	690,6	706,1	721,1	720,8	722,5	722,8
Utilisation	2703,6	2765,0	2796,1	2791,3	2823,1	523,7
Commerce	440,0	482,2	482,4	476,9	483,0	51,3
Stocks	836,7	842,6	863,4	874,5	896,9	199,1

I.2.2.3. Quelques variétés

Il y a plus de 2000 variétés de riz cultivées à travers le monde, et elles présentent de nombreuses différences. Ces différences peuvent inclure la forme, la taille, la couleur, la composition chimique, la qualité du grain, la résistance à la verse, la précocité et la productivité **(Fig. 05)**. Chaque variété de riz possède ses propres caractéristiques uniques qui la distinguent des autres **(Tab. 04).**

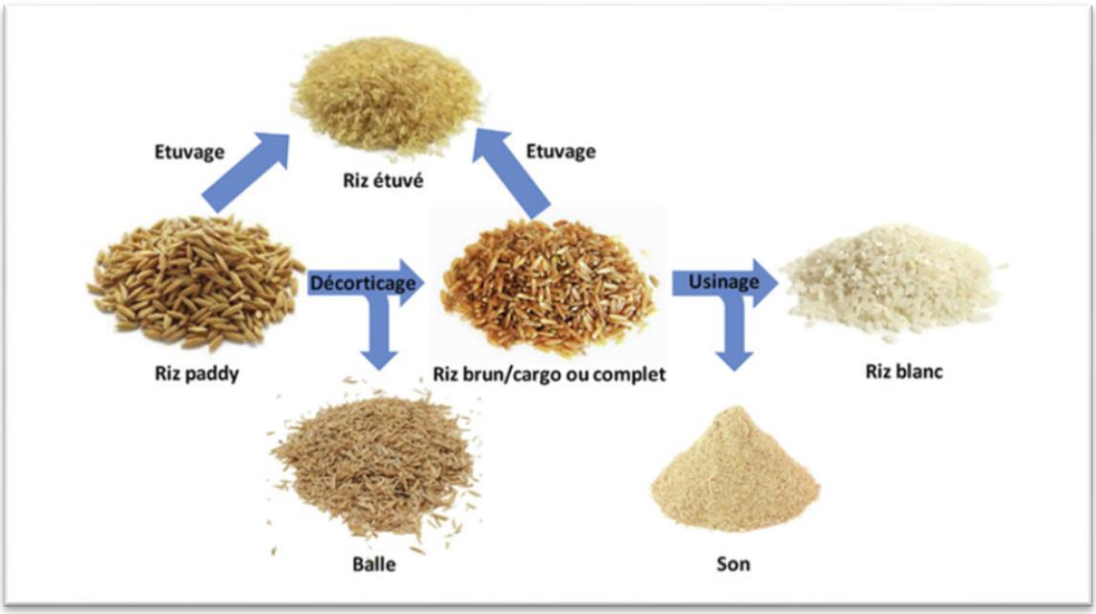


Figure 05: Différents types de riz et procédés d'obtention **(Goyon** et **Mestres, 2017).**

Tableau 04: Différentes variétés de riz.

Variétés	Description
Riz paddy	Obtenu après battage, ses enveloppées riches en silice, impropre à la consommation: la balle.
Riz brun	Appelé aussi riz cargo ou riz complet, c'est une sorte de riz paddy. Il possède une enveloppe externe fibreuse adhérente à l'albumen, appelée le péricarpe.
Riz usiné (blanc)	Riz décortiqué, débarrassé par usinage de tout ou partie du péricarpe, de la couche à aleurone et du germe. Le grain est alors essentiellement constitué d'endosperme
Riz étuvé	Obtenu à partir d'un riz paddy ou d'un riz décortiqué (brun).

Goyon et **Mestres (2017).**

I.2.2.4. Composition et valeur nutritionnelle

Le riz est un produit majeur du commerce mondial et constitue environ 20 % de l'approvisionnement énergétique alimentaire. Il est largement utilisé au niveau des ménages. Les grains de riz sont principalement composés de 12 % d'eau et de protéines contenant un profil complet d'acides aminés **(Tab. 05).**

Les protéines du riz sont hautement digestibles, ont une excellente valeur biologique et un rapport d'efficacité protéique élevé, ce qui est attribuable à leur teneur plus élevée en lysine (~ 4 %) **(Oko *et al*., 2012).**

Le riz contient également des minéraux tels que le calcium, le magnésium et le phosphore, ainsi que des traces de fer, de cuivre, de zinc et de manganèse. En plus d'être une source riche en énergie, il est également une bonne source de vitamines B1 (thiamine), B2 (riboflavine) et B3 (niacine) **(Abid *et al*., 2022).** Les valeurs nutritionnelles du riz varient en

fonction des variétés, de la fertilité du sol, de l'application d'engrais et d'autres conditions environnementales.

Les grains de riz fraîchement récoltés contiennent environ 80 % de glucides, principalement sous forme d'amidon, mais également de glucose, de saccharose, de dextrine, etc. **(Oko *et al*., 2012).**

Tableau 05: Valeur nutritionnelle de riz.

Nutriments	Protéines	Lipides	Fibres	Glucides
Teneur en g/100	5,80 à 6,17	0,66 à 1,03	0,93 à 1,08	80 à 90

Aissatou *et al*., (2021).

I.2.3. Caroube

I.2.3.1. Définition

La caroube, scientifiquement connue sous le nom de *Ceratonia siliqua* **(Battel** et **Tous, 1997 ; Dahmani *et al*., 2023)** est le fruit du caroubier, un arbre appartenant à la famille des légumineuses (*Fabaceae*) et au genre *Ceratonia* **(Quezel** et **Santa, 1962 ; Berrougui, 2007).** Originaire de la région méditerranéenne, le caroubier est une espèce très adaptable, pouvant prospérer dans des environnements humides, subhumides et semi-arides. Il joue un rôle essentiel dans la préservation des sols en prévenant la dégradation et l'érosion, ainsi que dans la lutte contre la désertification **(El Khorchani *et al*., 2023).**

Le caroubier est un arbre dioïque **(Gillet *et al*., 2014)** qui atteint généralement une hauteur de cinq à sept mètres, bien qu'il puisse exceptionnellement atteindre quinze mètres. Son feuillage dense forme une large couronne. Les gousses, appelées caroubes, pendent des branches et mesurent entre dix et trente centimètres de long pour une largeur d'un et demi à trois centimètres **(Fig. 06).** Elles sont initialement vertes, puis deviennent brun foncé à maturité en juillet. La taille et la forme des gousses varient selon les variétés, et chaque gousse contient généralement quinze à vingt graines. La caroube est une source de revenus importante pour les populations vivant dans les zones forestières.

La production mondiale de caroube est estimée à environ 175 000 tonnes selon les données de la Faostat en 2017, alors qu'elle atteignait 650 000 tonnes en 1945 **(El Khorchani *et al*., 2023).**

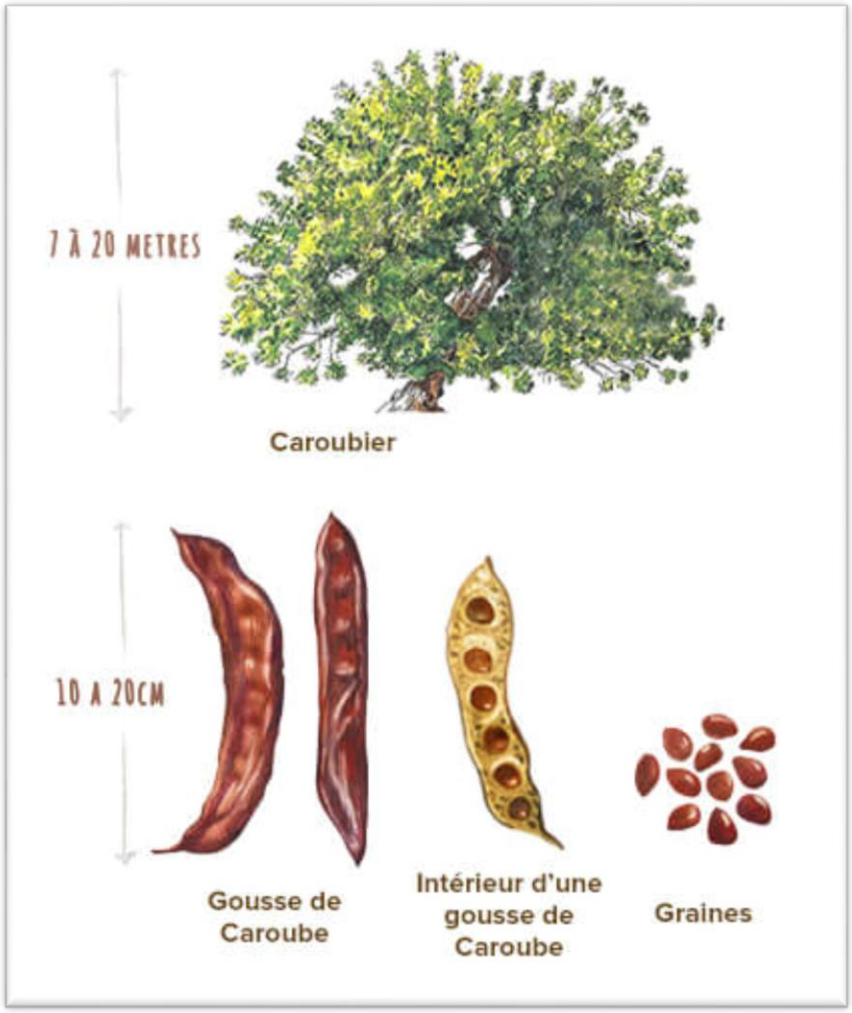


Figure 06: Caroubier, gousses et graines **(Boussenou, 2023).**

I.3.2.2. Production en Algérie

En Algérie, le caroubier est couramment cultivé dans l'Atlas Saharien **(Quezel** et **Santa, 1962),** et il est également présent dans la région du Tell. Il se trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, principalement dans les régions semi-arides chaudes et subhumides. L'altitude à laquelle il se développe varie de 100 mètres à 1300 mètres, et il est souvent situé dans des vallons frais qui le protègent du gel. Les conditions climatiques propices à sa croissance vont d'une température de 5°C à 20°C, avec une pluviométrie allant de 80 mm à 600 mm par an. Ces critères climatiques sont pris en compte pour établir l'aire de répartition du caroubier en Algérie **(Sahnoun** et **Guerrah, 2019).**

I.2.3.3. Utilisation agroalimentaire

La caroube a de nombreuses utilisations dans différents domaines (Médicinal, cosmétique, chimique, environnemental) et surtout en agroalimentaire **(El Khorchani *et al*., 2023).** Les gousses de caroube sont utilisées depuis longtemps comme matières premières pour la fabrication d'additifs alimentaires. Connue sous le nom de gomme de caroube (code E-410), elle est utilisée dans l'industrie alimentaire en tant qu'épaississant, stabilisant, liant, gélifiant ou dispersant **(Bouremoume *et al*., 2023 ; El Khorchani *et al*., 2023).**

En raison de sa douce saveur semblable au chocolat et de son coût abordable, les gousses de caroube transférée en farine (cette farine obtenue par concassage, broyage et tamisage de la pulpe. Elle possède une haute valeur nutritionnelle), sont couramment utilisées comme substitut du cacao dans la région méditerranéenne pour la fabrication de confiseries, de biscuits, de produits transformés et de boissons, et pour l'enrichissement nutritionnel du pain, du cake et des flocons ce qui contribue à améliorer leur valeur nutritionnelle et leur valeur sensorielle (goût et saveur) **(Salih** et **Jilal, 2020).** De plus, l'utilisation de la poudre de caroube comme substitut du cacao présente plusieurs avantages : elle ne contient ni caféine ni théobromine **(Bouremoume *et al*., 2023).**

I.2.3.4. Apports nutritionnels

Le caroubier est très riche en matières nutritives, notamment en sucre et en albumine. Cependant, la composition chimique du caroube varie considérablement en fonction du pays de culture **(Evreinoff, 1947).** Le tableau suivant **(Tab. 06)** montre la composition chimique du caroube.

Tableau 06: Composition chimique de caroube.

Composition chimique	Teneur en %
Glucides	48 à 72
Lipides	0,3 à 0,55
Cendres	1,5 à 2,4
Protéines	1 à 2

Evreinoff, (1947) ; Djemai, (2020).

I.3. Technologie biscuiterie

I.3.1. Définition

Le mot « biscuit » vient du latin « panis biscoctus », qui fait référence à la pâtisserie deux fois cuite **(Kiger** et **Kiger, 1967),** souvent préparée pour les marins et connue sous le nom de « biscuit de navire ».

La définition principale d'un biscuit, selon le Dr Samuel Johnson, est « une pâtisserie dure et sèche conçue pour être transportée dans l'eau ». Les Britanniques définissent un « biscuit » comme un produit comprenant des articles tels que des crackers, des biscuits et des gaufrettes. Les Britanniques sont les premiers à fabriquer les cookies (**Manley, 2011**). La production de biscuits est passée d'une industrie artisanale à forte intensité de main-d'œuvre à une industrie scientifique et bien mécanisée de nos jours. Dans le monde moderne, les biscuits servent d'aliment de base, de cadeaux haut de gamme, de confiseries et d'aliments de nourrissants **(Arepally** *et al.***, 2020).**

Les biscuits **(Fig. 07)** sont une collation idéale pour le style de vie moderne car ils sont abordables, riches en énergie, pratiques et très savoureux. Ils sont des produits à base de céréales cuits dont l'humidité est inférieure à 5 % **(Rodriguez-Garcia** *et al.***, 2022).** En utilisant la farine de blé, le sucre et la graisse comme ingrédients principaux **(Mamat** et **Hill, 2018).**



Figure 07: Différents types de biscuits **(Thangavelu, 2022).**

I.3.2. Classification

En raison du large éventail de méthodes de production et de la variété des composants utilisés dans diverses fabrications, il n'existe pas de classification officielle pour les biscuits. Cependant, celle-ci est envisagée sur la base de la cohérence avant la cuisson de la pâte **(Kassous** et **Djourdem, 2022)**

Les pâtes dures ou semi-dures qui donnent naissance aux types de biscuits secs, salés ou sucrés sans œufs, appelés casse-croûte, sablés, petits fours, etc. Environ 60 % de la consommation de biscuits provient de ce mode de fabrication.

Les pâtes molles désignent la pâtisserie industrielle (à ne pas confondre avec la pâtisserie fraîche). Elle implique à la fois les friandises sucrées comme les macarons, les gâteaux et les madeleines, ainsi que les friandises salées comme les génoises et les langues de chat. Ces biscuits sont riches en œufs et en matière grasse. Ils représentent environ 26,5 % de la consommation.

Les pâtes ayant une forte teneur en lait ou en eau et contenant peu de matières grasses**.** Ce sont les pâtes à gaufrettes (10.5 % de la consommation) **(Manohar** et **Rao, 2002 ; Mezdour** et **Messikh, 2020).**

Un certain nombre de facteurs affectent la qualité des biscuits, notamment le type et la quantité d'ingrédients utilisés, le processus de fabrication, tels que le mélange, le repos et le moulage de la pâte et en fin la cuisson et le refroidissement des biscuits **(Maache-Rezzoug** ***et al*****., 1998 ; Benkadri, 2010).**

I.3.3. Composition et valeur nutritionnelle

Les biscuits sont des produits alimentaires très appréciés, notamment des enfants et adolescents**,** leurs compositions et valeur nutritionnelle varient en fonction de la marque, du type de biscuit et ingrédients utilisés **(Tab. 07).**

Ce sont des aliments composés de trois matières premières principales: la farine (ingrédient principal qui représente jusqu'à 80 % des ingrédients selon les recettes, la moyenne d'ingrédients céréaliers étant de 41 %), les matières sucrantes et les matières grasses **(Denis, 2011**). Ils existent aussi d'autres ingrédients tels que: les œufs, les agents levants (levure chimique), les arômes et additifs pouvant inclure les extraits de vanille, les pépites de chocolat, les fruits secs, etc., pour ajouter de la saveur.

Il est important de noter que les biscuits sont souvent considérés comme des aliments riches en glucides (49,1 g à 73 g) et en matières grasses de (7 g jusqu'à 19.5 g), mais faibles en nutriments essentiels tels que les fibres (2 g à 3,3 g), et la teneur en protéines (5,2 g à 11,8 g) **(Menasra, 2020).**

Tableau 07: Valeur nutritionnelle moyenne de quelques biscuits.

Nutriments (g/100g)	Biscuit Barquette pulpe de fruit	Biscuit chocolaté	Biscuit Petit beurre	Biscuit sec	Biscuit à la Cuillère	Biscuit au Fromage	Biscuit sans Fromage
Protéines	5,2	6,9	8,2	9	9	11,8	4,8
Glucides	73	60,4	75	69,2	60	49.1	62,9
Lipides	7	24	10,9	12	4,4	28,1	19,6
Fibres	2	3,1	2,2	3,2	---	3,1	3,3

Menasra, (2020).

I.3.4. Principaux ingrédients et leurs effets

Les ingrédients primaires des biscuits diffèrent considérablement, et il y a plusieurs ingrédients secondaires. Les trois ingrédients les plus fréquemment utilisés sont la farine, le sucre et la matière grasse **(Ardent *et al*., 2009).** Chaque ingrédient a un effet unique sur la saveur, la texture, la couleur et l'arôme des biscuits. De plus, le type et la quantité d'ingrédients influencent la qualité du produit final **(Gallagher, 2008 ; Hu *et al*., 2022).**

I.3.4.1. Farine

La farine est un ingrédient clé dans la cuisson de produits de boulangerie comme les biscuits, composés d'amidon, de protéines et d'eau. La farine de blé tendre a un réseau de gluten faible et une teneur en protéines variant de 8 à 11 %, ce qui la rend parfaite pour la formulation de biscuits **(Menard *et al*., 1992 ; Hu *et al*., 2022).**

I.3.4.2. Sucre

La teneur en sucre a un impact significatif sur les caractéristiques des biscuits, elle améliore leur saveur et leur structure **(Mamat** et **Hill, 2014).** Le saccharose est le sucre le plus couramment utilisé dans la cuisson. Pendant cette étape, le sucre non dissous fond progressivement dans la pâte et en se refroidissant donne aux biscuits un goût croustillant.

Une teneur plus élevée en sucre optimise la précision et le temps de fermentation, améliore la durabilité de la pâte et prolonge la durée de conservation des biscuits. À l'inverse, une faible teneur en sucre réduit le ramollissement, la consistance et la cohésion de la pâte, entraînant un froissement et affectant le temps de cuisson. Les variations de la teneur en sucre donnent naissance à deux variétés de biscuits : les biscuits à faible teneur en sucre (17 à 25 %) et les biscuits croquants sucrés contenant environ 25 % à 60 % **(Hu *et al*., 2022).**

I.3.4.3. Matière grasse

La graisse est le troisième ingrédient majeur dans la fabrication des biscuits, supplantant la tendresse et le goût croustillant. Il détruit la continuité des protéines et de l'amidon, entraînant la pâte de produire l'adhésion et la formation de grands réseaux de gluten. Les graisses des biscuits dépendent largement de leur composition, affectant leurs propriétés rhéologiques, leur élasticité et leur résistance à la rupture.

Bien que la graisse joue un rôle important dans les produits de boulangerie, manger trop de graisse peut entraîner une variété de maladies, telles que l'obésité, le cancer, l'hypercholestérolémie et les maladies coronariennes. De plus, les produits de boulangerie sont l'une des principales sources d'acides gras trans dans l'alimentation. Des études antérieures révèlent que la teneur en acides gras trans des biscuits variait de 0,1 à 3,2 g pour 100 g. Les biscuits au glucose, les biscuits sucrés et les biscuits salés ont la plus faible teneur en acides gras trans (0,1 g /100 g), tandis que les biscuits au beurre ont la plus forte teneur en acides gras trans (17,1 g/100 g). L'Organisation mondiale de la Santé **(OMS)** recommande de limiter l'apport en gras trans à moins de 1 % de l'apport énergétique total (**Hu *et al*., 2022).**

I.3.4.4. Autres ingrédients

I.3.4.4.1. Levure chimique

Elle contribue à l'expansion de son volume, qui se traduit par un dégagement de vapeur (vapeur d'H2O) et la production de CO2. Lorsque le CO2 est libéré avant la cuisson, les cellules de gaz expansé propagent dans toute la pâte et disparaissent en surface **(Melouk, 2023).**

I.3.4.4.2. Eau

L'eau joue un rôle important dans la cuisson des biscuits car elle fournit les conditions nécessaires aux réactions physiques, chimiques, biologiques et biochimiques qui transforment les matières premières en produits de boulangerie finaux. En outre, elle a également un effet décisif sur la qualité globale et la saveur des biscuits. L'eau hydrate la protéine de gluten dans le processus de mélange, gélatinise l'amidon pendent la cuisson et agit comme un milieu dispersant pour d'autres substances **(Fustier, 2006 ; Sofia, 2016)**. Le sel dans l'eau affectera les caractéristiques de la pâte. L'eau dure contenant des ions de magnésium et de calcium peut avoir un « effet de serrage » sur la pâte, tandis que l'eau douce peut avoir un « effet de relaxation » sur la pâte **(Hu *et al*., 2022).**

I.3.4.4.3. Œufs

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

I.3.5. Procédé de fabrication

Les principales opérations de la production de biscuits **(Fig. 08)** sont: le malaxage, pétrissage, laminage, mise en forme (moulage), la cuisson, refroidissement, conditionnement et emballage **(Songre-Ouattara *et al*., 2016).**

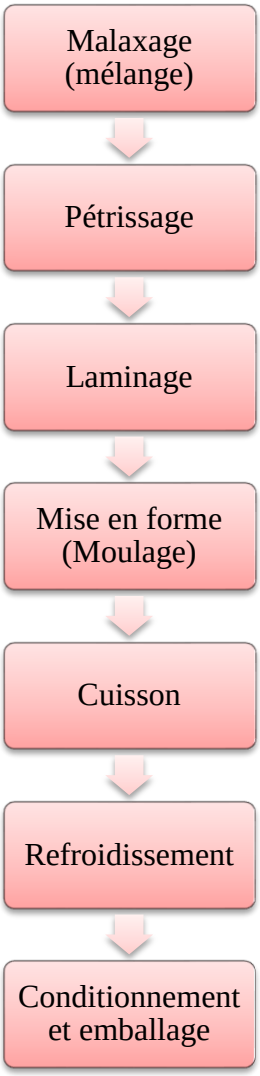


Figure 08: Procédé de fabrication de biscuits **(Songre-Ouattara *et al*., 2016).**

I.3.5.1. Malaxage (Mélange)

La première étape dans le processus de préparation des biscuits est le malaxage. Cette opération permet de mélanger le sucre, la matière grasse, les œufs et autres ingrédients afin qu'ils forment une pâte dont la consistance permet la mise en forme du biscuit **(Saadoudi, 2019).**

I.3.5.2. Pétrissage

Le pétrissage est une opération aboutissant à la formation d'un produit viscoélastique à partir de deux ingrédients: eau et farine **(Assifaoui, 2006).** Quand l'eau est ajoutée à la farine, elle se répartit d'abord grossièrement, puis le pétrissage oblige l'eau à envelopper chaque particule de la farine et à y pénétrer. En effet, cette eau chasse l'air inclus dans la farine.

L'incorporation d'air dans la masse permet à la pâte de se détacher des parois de la cuve du pétrin et elle devient lisse, sèche et élastique **(Sharma, 2011 ; Saadoudi, 2019).**

I.3.5.3. Laminage

Le laminage est la méthode la plus populaire pour transformer une pâte à biscuiterie en feuille. Il implique la production d'une feuille de pâte épaisse, dont l'épaisseur est réduite en passant par divers lamineurs rotatoires **(Manley, 1998 ; Manley, 2001).**

I.3.5.4. Mise en forme (moulage)

Le moulage est l'étape qui vient après le laminage à l'échelle industrielle, des coupeurs et mouleurs rotatoires gravent et coupent la pâte biscuitière préalablement laminée. Il est évidemment souhaitable que tous les morceaux de pâte aient le même poids et les mêmes dimensions **(Manley, 1998).**

À la fin de cette étape, les biscuits sont déposés sur un plat de cuisson et ils sont transférés au four pour l'étape suivante, la cuisson.

I.3.5.5. Cuisson

La cuisson est une étape complexe au cours de laquelle a lieu une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques **(Ndangui, 2015).**

Plusieurs réactions physicochimiques se produisent pendant cette étape. Ces modifications sont: Dissolution des sucres (la moitié des sucres se dissolvent lors de pétrissage et le reste, à l'état cristallin, se dissolve lors de la cuisson. Cela augmente également la fluidité et permet à la pâte de s'étaler), gélatinisation de l'amidon entre 52 et 95 ° C **(Chevallier *et al.*, 2002).** En général, l'amidon n'est que partiellement gélatinisé dans les biscuits et les granules d'amidon conservent leur intégrité morphologique en tant qu'amidon natif, dénaturation des protéines et enfin formation de dérivés de réaction de Maillard, la caramélisation des sucres et la dextrinisation de l'amidon accompagnent la modification de la couleur de surface et de la génération d'arômes des produits **(Fustier, 2006).**

I.3.5.6. Refroidissement

Après la cuisson au four, la plupart des biscuits sont envoyés directement pour être empaquetés. Ils sont habituellement refroidis avant l'empaquetage. Le refroidissement est nécessaire pour les biscuits riches en sucre car ces derniers sont très doux et plastifiants à la sortie de four et se rigidifient quand ils refroidissent. Il y a également une petite perte

d'humidité des biscuits qui est bénéfique pour leur qualité et leur durée de conservation (**Manley, 1998).**

I.3.5.7. Conditionnement et emballage

La conservation des biscuits doit s'effectuer à l'abri de l'humidité, parce que ses composants sont sensibles à l'oxydation et aux réactions lumineuses, ils nécessitent un conditionnement approprié **(Fredot, 2005).**

I.3.6. Critères d'évaluation de la qualité du biscuit

Les caractéristiques sensorielles des aliments (texture, saveur, arôme, taille et couleur) sont les indicateurs de qualité les plus significatifs. La qualité du biscuit est démontrée par une compréhension minutieuse de ses attributs physiques (dimension, couleur et humidité), apparence de la surface et texture (densité, durabilité et résistance aux bris) **(Futier, 2006).**

I.3.6.1. Texture

Elle est principalement déterminée par la teneur en humidité, la teneur en matières grasses et la quantité de glucides structurels (cellulose, amidons, pectines, etc.) ainsi que par les protéines déjà présentes, et l'expansion d'un événement important pour la production de texture par les propriétés rhéologiques de la pâte, qui sont déterminées par le comportement et les interactions de ces constituants ainsi que par la solubilité du gaz dans la phase continue. Des expansions importantes entraînent en faibles densités, ce qui crée des biscuits très poreux. Les dimensions physiques du biscuit sont régies par la formation de la structure poreuse dans le four, le poids et la teneur en eau du biscuit, tandis que le principal facteur contrôlant le poids et la teneur en eau du biscuit est son évaporation pendant la cuisson. La texture est un critère de qualité crucial ou la production d'un maillage doux et flexible est souhaitée **(Lara *et al*., 2011).**

I.3.6.2. Couleur

La couleur est un facteur déterminant dans la définition de la qualité de tout aliment, et c'est une caractéristique que le consommateur remarque immédiatement et qui influence généralement l'impression sensorielle subjective. Dans le cas des biscuits, la couleur est l'un des paramètres importants qui doivent être contrôlé lors de la transformation **(Lara *et al*., 2011).**

I.3.6.3. Goût

Les attributs du goût sont le salé, le sucré, l'amère et l'acidité. Les composants volatiles d'arôme sont produits sous l'effet de la chaleur, l'oxydation, l'activité non enzymatique sur les protéines, la matière grasse et les carbohydrates (exemple: réaction de Maillard) **(Fellows, 2000 ; Safir, 2020).**

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1. Origine de la matière première

II.1.1. Matériel végétal

Dans cette étude, nous avons utilisé un riz blanc, de forme allongée, importé de la Chine. Il est destiné à la consommation et mis à notre disposition par la CCLS de Bouira (Coopérative de céréales et de légumes secs). Concernant la caroube, c'est un produit local, vendu dans les étals, acheté au niveau de la commune de Lakhdaria, sous forme de gousses de couleur marron chocolat.

Durant cette étude, nous avons suivi un stage pratique au sien du laboratoire de l'entreprise Agro-alimentaire SARL MOLINO GRANI, spécialisé en production de la semoule et la farine LARA. L'entreprise est située dans la zone industrielle de TAHARACHT, daïra d'Akbou, wilaya de Béjaia à 82 Km de Bouira.

II.1.2. Préparation des farines

Les étapes de préparation des farines de riz et du caroube sont résumées comme suit:

1. **Farine de riz**

- Préparer les grains de riz **(fig. 09),** les mettre dans un broyeur,
- Mixer à puissance maximale jusqu'à obtention d'une poudre,
- Tamiser et remixer à nouveau les grosses particules jusqu'à l'obtention d'une farine homogène **(fig. 10).**
- Conditionner la farine obtenue dans des boîtes en verre et conserver au réfrigérateur (4°C).



Figure 09: Grains de riz **(Originale).**



Figure 10: Farine de riz **(Originale).**

2. Farine de caroube

La préparation de la poudre de caroube nécessite plusieurs étapes. Tout d'abord, les gousses de caroube sont nettoyées, concassées pour enlever les graines et récupérer seulement la pulpe. Cette dernière est mixée à l'aide d'un broyeur jusqu'à l'obtention d'une poudre, cette dernière est tamisée à l'aide d'un tamis traditionnelle pour séparer la partie utilisable (farine fine) et la partie non utilisable (farine granule). Les étapes de préparation de la farine de caroube sont données dans le diagramme suivant **(fig. 11)** et illustrées dans les figures **12 a, 12 b et 12 c**.

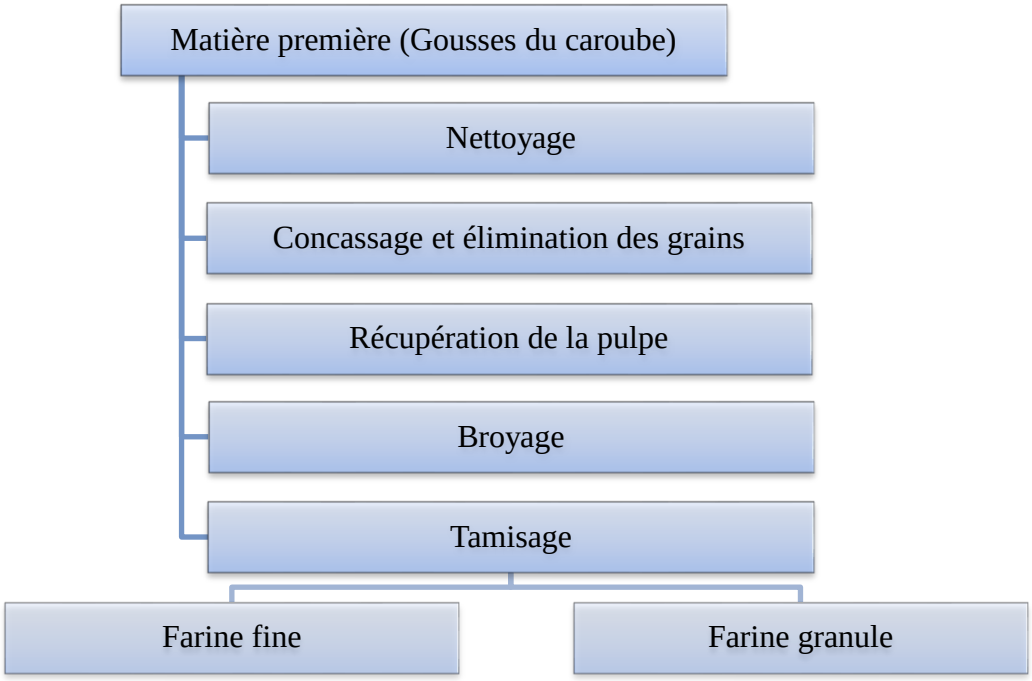


Figure 11: Diagramme de traitement des gousses du caroube.



(a) **(b)** **(c)**

Figure 12: Présentation du caroube **a):** Gousses **b):** Concassage **c):** Poudre de caroube **(Originale).**

II.2. Méthodes d'analyse physico-chimique

II.2.1. Humidité

- **Principe**

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

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

- **Mode opératoire**

1. Laver le bécher avec de l'eau distillée.
2. Sécher le bécher à l'étuve durant 15 minutes à 103 °C.
3. Refroidir le bécher dans le dessiccateur 30 à 45 min.
4. Dans une balance analytique, peser le bécher vide.
5. Peser dans le bécher 5 g de produit à analyser.
6. Introduire le bécher contenant la prise d'essai dans une étuve réglée à103 °C, laisser séjourner une heure et demie.
7. Retirer rapidement le bécher de l'étuve et le placer dans le dessiccateur pendant 30 à45 min pour refroidir, ensuite le peser**.**

- **Expression des résultats**

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

Où:

H%: L'humidité

M0: Masse en gramme de bécher vide

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

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

II.2.2. Ph

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

1. Peser 5g de produit (farine de riz, farine de caroube, 80 % farine de riz et 20 % farine de caroube) à analyser dans un bicher rempli d'eau distillée jusqu'à 50 ml.
2. Agiter pour homogénéiser le mélange
3. Avant de mesurer le p de produit, il faut étalonner l'appareil.
4. Une fois le pH-mètre équilibré, introduire l'électrode dans le bécher contenant le produit.

- **Expression des résultats**

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

II.2.3. Taux de cendre

- **Principe**

La teneur en matière minérale existant dans les déférentes farine est déterminée par incinération d'une prise d'essai de 5 grammes dans un four à 550°C, pendant 4 heures, jusqu'à l'obtention des cendres balances ou légèrement grises selon la nature de l'échantillon. La teneur en cendres brutes de l'échantillon est obtenue par la différence de poids **(Sadji *et al.*, 2016).**

- **Mode opératoire**

1. Laver le creusé avec de l'eau distillée.
2. Sécher le creusé à l'étuve pendant 15 minutes à 103°C.
3. Refroidir le creuse dans dessiccateur pendant 30 à 45 minutes.
4. Peser le creuse vide à l'aide d'une balance analytique.
5. Peser dans le bécher 5 g de produit analyser.
6. Introduire le creuse contenant la prise d'essai dans un four réglée à 550°C, laisser séjourner 4 heures.

7. Retirer rapidement le creusé du four et le placer dans le dessiccateur durant 30à 45 minutes, ensuite le peser.

- **Expression des résultats**

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

Où:

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

M1: Masse en gramme du creusé vide.

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

II.2.4. Lipides totaux

- **Principe**

La matière grasse est déterminée par la méthode de Soxhlet, consiste à extraire les lipides totaux à l'aide d'un solvant organiques non miscible dans l'eau (hexane), puis à évaporer le solvant, sèche, et à peser l'extrait **(Sadji *et al.*, 2016).**

- **Mode opératoire**

1. Sèche un ballon de 250 ml à 150°C pendant 1h, refroidir au dessiccateur pendant 30min, puis peser.
2. Peser 10 g de produit dans la cartouche du Soxhlet et placer à l'intérieur de l'extracteur.
3. Verser 200 ml d'hexane dans le ballon et 50 ml dans le compartiment et cartouche.
4. Le ballon est ensuite chauffé pendant 7 h.
5. Le solvant est éliminé du ballon par distillation.
6. Le résidu du ballon est séché dans une étuve à 80°C, après refroidissement au dessiccateur pendant 30 minutes.
7. Le ballon contenant les lipides est pesé.

- **Expression des résultats**

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

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

Où:

P1: Poids du ballon vide en gramme.

P2: Poids du ballon après évaporation en g.

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

II.2.5. Protéines totales

- **Principe**

Le dosage des protéines de la farine est réalisé par la méthode de KJELDAHl **(Sadji *et al.*, 2016).** Cette méthode consiste en une minéralisation acide et à chaud de la matière organique contenue dans la prise d'essai, libère l'azote moléculaire sous forme d'ammoniac qui en présence de l'excès d'acide, se retrouve en sulfate d'ammoniac qui est ensuite distillé et titré.

La méthode comporte les étapes suivantes:

- Minéralisation: Sous l'effet de la chaleur, l'acide sulfurique concentré (95 %, d = 1.83) en présence de catalyseur oxyde et détruit la matière organique, l'azote organique est transformé en sulfate d'ammonium.
- La distillation: Le minéralisât est alcalinisé par la soude NaOH (10N) et L'ammoniac est libéré de son sel. Au cours de la distillation, les molécules d'ammoniac (NH3) libérés sont entraînées par la vapeur et fixées dans une solution de volume connu d'acide borique (4 %).
- La titration: Le distillat récupéré est titré par l'acide sulfurique (0,01 N) en présence d'un indicateur coloré (rouge de méthyle). Le titrage soit complet au virage de la couleur du jaune au rose.

- **Expression des résultats**

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

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

Où:

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

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

PE: Prise d'essai en gramme.

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

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

Où:

N: Teneur en azote en % du produit**.**

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

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

II.3. Élaboration de biscuit

II.3.1. Présentation de produit élaboré

Le produit élaboré est une forme de biscuit sans gluten à base de farine de riz et de poudre du caroube (80 % et 20 %), auquel d'autres ingrédients exemptes de gluten sont ajoutés.

Les ingrédients additionnés dans la formulation de la recette et leurs origines (sons gluten) sont résumés ci-dessous:

- **La matière grasse**

La matière graisse est une margarine végétale de la marque Labelle produite par SPA C O.G. B LABELLE, Béjaïa-Algérie.

- **Levure chimique**

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

- **Pépites de chocolat**

Les pépites de chocolat utilisées sont de la marque DADA produites par la SARL CHOCODADA d'Alger.

- **Les œufs et vanille**

Vanille liquide ou bien vanille en poudre, pour cacher l'odeur des œufs et améliorer l'odeur de biscuit

II.3.2. Étapes d'élaboration du biscuit

1. **Crémage:** Cette étape consiste à fouetter la margarine et les œufs à l'aide d'un fouet à main jusqu'à l'obtention d'une texture de pommade.
2. **Pétrissage:** Ajouter les autres ingrédients (la poudre de caroube, la farine de riz, la levure chimique et la vanille), et mélanger bien jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène. Puis ajouter les pépites de chocolat et mélanger pour bien incorporer les pépites et former une belle boule de pâte.
3. **Mise en forme:** Former à l'aide de moules et répartir sur une plaque allant au four recouvert d'un papier cuisson.
4. **Cuisson:** Enfourner les biscuits pendant environ 15 min à 180°C.
5. **Refroidissement:** Refroidir les biscuits à une température ambiante avant de les manipuler et les déguster **(Fig. 13).**



Figure 13: Biscuit sans gluten élaboré **(Originale).**

II.4. Analyse du produit fini formulé

II.4.1. Analyse physico-chimique

Pour préparer les échantillons, nous avons broyé les biscuits à l'aide d'un broyeur manuel ensuite, nous avons déterminé les paramètres suivants en appliquant le même protocole expérimental d'analyse de la matière première**:**

- ✓ Humidité
- ✓ PH
- ✓ Taux de cendre
- ✓ La teneur en lipides
- ✓ La teneur en protéines

II.4.2. Analyse sensorielle

L'évaluation des paramètres organoleptiques, tels que la forme, la couleur, la texture, l'odeur et le goût, est d'une importance capitale pour déterminer l'acceptabilité d'un produit. Bien que l'analyse physico-chimique soit essentielle pour comprendre la composition d'un produit, elle ne suffit pas à refléter les perceptions sensorielles des consommateurs.

Pour réaliser l'analyse sensorielle des biscuits, nous avons constitué un jury composé de 50 personnes sélectionnées au hasard, comprenant des hommes et des femmes de différents âges.

Pour effectuer cette analyse, nous avons utilisé un test de dégustation où chaque dégustateur évalue les biscuits de manière individuelle et attribue une note sur une fiche de dégustation qui comprend les critères suivants: forme, couleur, texture, odeur et goût.

II.5. Analyse statistique

Les résultats des analyses ont étés soumis à une analyse de la variance (ANOVA), à un niveau de significativité de 0,05.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Caractéristiques physico-chimiques des farines étudiées et leur mélange

Les résultats obtenus lors des analyses physico-chimiques effectués sur les farines (farine de riz, farine de caroube, et leur mélange) sont apportés dans le tableau suivant **(Tab. 08).**

Tableau 08: Résultats des analyses physico-chimiques des farines étudiées.

Paramètres (%)	Farine de riz	Farine de caroube	Mélange des deux farines
Humidité	13,54	8,30	13,06
PH	6,45	5,22	5,83
Taux de cendre	0,40	2,4	1,11
Lipides	1	0,5	1,02
Protéines	7,90	1,34	6,86

III.1.1. Humidité

L'humidité est définie comme étant la perte de poids subie lors de la dessiccation **(Doukani *et al*., 2015).** La détermination de la teneur en eau est primordiale, puisqu'elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche **(Godon** et **Willm, 1998),** ainsi elle est importante sur le plan économique, pour la détermination du taux d'hydratation et la durée de conservation **(Dubois, 1996).**

L'humidité des farines doit être inférieure ou égale à 15 % **(NA.1132-2008/ISO 712),** cette valeur est variable en fonction de la saison, la quantité d'eau ajoutée avant la mouture et le conditionnement. Les trois farines étudiées (farine de riz, poudre de caroube ainsi que leurs mélanges) présentent des valeurs au-dessous de 15 % de taux d'humidité ce qui réponds aux normes requises.

La teneur en eau de la farine du mélange (riz et caroube) est estimée de 13,06 %, celle de la farine de riz analysée est de 13,54 %, supérieure à celle trouvée par **Erica *et al*., (2021)** et **Kaouane, (2022),** qui sont respectivement de 9,96 % et 10,03 %.

Concernant la farine de caroube, elle présente une teneur en eau égale à 8,30 % supérieure à celle trouvée par **Youssef *et al*., (2013)** (5,29 %), est proche de celle donnée par **Siano *et al*., (2023).** Néanmoins, ce taux se situe dans l'intervalle (6 % à 15,6 %) confirmé selon certains auteurs **(Avallone *et al.,* 1997 ; Batlle** et **Tous, 1997 ; Calixto** et C**anellas, 1982 ; Yousif** et **Alghazwi, 2000 ; Iipumbu *et al*., 2008).**

L'augmentation des taux d'humidité enregistrés pour les farines utilisées dans l'étude est possible due aux conditions environnementales (pluie et humidité) **(Doukani *et al*., 2015),** aux cultivars, à la durée de maturation, au moment de la récolte et à la durée de stockage **(Iipumbu *et al*., 2008).**

Le processus d'humification produit des groupements fonctionnels et l'oxydation de la matière organique entraînant une élévation de la capacité d'échange cationique. Celle-ci varie parallèlement avec le PH **(Garba *et al*., 2020).**

III.1.2.Ph

La mesure de ph d'un produit est un indicateur essentiel dans l'évaluation de sa qualité et de sa sécurité alimentaire **(Doukani *et al*., 2015).** Les variations de ph peuvent entrainer d'importantes différences de goût, de fraicheur et de durée de conservation **(Dahoui** et **Attaf, 2022).**

Les deux farines étudiées (farine de riz et farine de caroube) présentent des valeurs de ph qui sont respectivement de 6,45 % et 5,22 %. Ces teneurs sont proches des taux donnés par **Guindo *et al*., (2021); Yesli *et al*., (2021)** sur les mêmes farines qui sont respectivement

6,90 % et 4,99 %.

Selon **Tounsi *et al*., (2021),** la farine de caroube a un ph égal à 5,22 %. Donc, les valeurs que nous avons trouvées sont acceptables et répondent aux normes exigées.

Concernant la farine de mélange, nous avons remarqué une légère diminution de la valeur du ph, ce qui est peut-être dû à une augmentation de l'acidité provoquée par l'oxydation des lipides **(Hanh, 1994).**

III.1.3. Taux de cendre

La teneur en cendres est un indicateur de la pureté de la farine, plus la farine est pure, plus sa teneur en cendres est faible, ce qui est lié au taux d'extraction et à la minéralisation du grain broyé. Il définit également les types commerciaux de farine **(Feillet, 2000).**

La teneur en cendre pour la farine de riz estimé à 0,40 % est en accord avec celle donnée par **Abid** ***et al.*****, (2022)** et voisine de celle rapportée par **Chochkov** ***et al.*****, (2019)** qui est de

0,47 ± 0,7 %.

Quant à la teneur en cendres présente dans la farine de caroube, elle oscille entre 2 % et 6 % selon le type de caroube (variétés) **(Dahoui** et **Attaf, 2022).** C'est le cas de la poudre de caroube utilisée dans cette étude qui présente un taux de cendre de 2,4 %, ces taux sont proches de ceux donnés par **El batal, (2014)**; **Salih** et **Jilal, (2020)** et **Laaraj** ***et al.*****, (2023)** qui sont respectivement de 2, 44 %, 2,9 %, 2,34 et 3,70 %. Cependant, la farine de mélange (farine de riz et poudre de caroube) présente un taux de cendres égal à 1,11 %.

III.1.4. Lipides totaux

Les lipides sont des composés chimiques très variés, ils sont soit apportés par l'alimentation, ou soit synthétisés par l'organisme **(De, 2003).** Ils jouent deux rôles majeurs: ils stockent de l'énergie sous forme de triglycérides au niveau du tissu adipeux, et ils jouent un rôle structural comme phospholipides de la membrane cellulaire **(Ravnskjaer** ***et al.*****, 2013).**

Les résultats obtenus après le dosage des lipides, montrent que la farine de riz contient 1 % de matière grasse proche de celui trouvé par **Chochkov** ***et al.*****, (2019).** Cette faible valeur en lipide favorise le stockage de la farine en diminuant le risque de rancissement.

La farine de caroube présente une teneur très faible en lipide (0,5 %), par apport à la valeur trouvée par **Siano** ***et al.*****, (2018)** (7,1 à 8,1 %). Mais, elle est proche de celle annoncée par **Avallone** ***et al.*****, (1997),** et elle est en accord avec celle établie par **Lagha-Benamrouche** et **Hezil, (2023**).

Selon **Sęczyk** ***et al.*****, (2016),** le taux en lipides du caroube varie de 0,4 à 0,8 %, ce qui est acceptable pour les résultats obtenus lors de cette étude.

La farine du mélange (farine de riz et farine de caroube) donne une teneur en lipides de 1,02 %, donc cette valeur est valable par comparaison aux taux de la matière grasse de la farine de riz et de la farine de caroube.

III.1.5. Protéines totales

La quantité en protéines d'un aliment est une mesure de la biodisponibilité et son évaluation est un moyen de déterminer la capacité des protéines alimentaires et de leur régime à satisfaire les demandes métaboliques de l'organisme en acides aminés et en azote **(Han *et al*., 2015); Lecerf, (2019)** et **Guillin, (2021).**

La teneur en protéines joue un rôle prépondérant dans l'expression de la qualité nutritionnelle d'un aliment. En règle générale, plus la teneur en protéines est élevée plus la qualité de la farine est meilleure. Elles déterminent pour une large part, la qualité technologique et la qualité nutritionnelle des céréales et des produits céréaliers **(Kaouane, 2022).**

La teneur en protéines de la farine de riz utilisée dans cette étude est égale à 7,90 %. Cette valeur est proche de celles trouvées par **Ahmia *et al*., (2008); Roshid *et al*., (2016)** (7,5%), **Oko *et al*., (2012) (**7 %), et par **Abdou Satar *et al*., (2012)** qui est de 8,1 %, par contre elle est supérieure que la valeur annoncée par **Abid *et al*., (2022) (**5,95 %), mais corrobore avec celle de **Guillin, (2021).** D'autre parte, ce résultat est compris dans l'intervalle (4,5 % - 10,5%) donné par **Goyon** et **Mestres, (2017).**

Pour la poudre de caroube, sa teneur en protéines est de 1,34 %, ce taux est inférieur à ceux trouvés par **Avallone *et al*., (1997)** et **Yesli *et al*., (2021)** qui sont estimés à 4,3 % et 3 %. Selon, **Oziyci *et al*., (2014),** la poudre de caroube contient 1 à 5 % de protéines**.**

Cette différence est probablement due à la diversité des variétés de caroube et aux lieux de culture. Concernant la farine de mélange (farine de riz et poudre de caroube), elle présente un taux en protéines de 6,86 %.

III.2. Résultats de l'analyse statistique

Les résultats enregistrés pour l'analyse statistique des farines étudiées sont présentés dans le tableau suivent **(Tab. 09).**

Tableau 09: Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) des farines.

Paramètre	Échantillon	Probabilité
Humidité	Farine de riz	$4{,}3697\times10^{-09}$
	Farine du caroube	
	Mélange des deux farines	
PH	Farine de riz	$6{,}7802\times10^{-05}$
	Farine du caroube	
	Mélange des deux farines	
Taux de cendre	Farine de riz	$2{,}2334\times10^{-07}$
	Farine du caroube	
	Mélange des deux farines	
Lipides	Farine de riz	0,00074418
	Farine du caroube	
	Mélange des deux farines	
Protéines	Farine de riz	$1{,}3707\times10^{-05}$
	Farine du caroube	
	Mélange des deux farines	

L'analyse statistique par le biais de l'analyse de la variance **(Tab. 09)** fait apparaître un effet significatif sur humidité (teneur en eau) p= $4{,}3697\times10^{-09}$ et sur le pH p= $6{,}7802\times10^{-05}$, comme elle donne également un effet significatif sur les autres paramètres (Taux de cendre, Teneur en lipides, Teneur en protéines) qui sont respectivement de p=$2{,}2334\times10^{-07}$, p=0,00074418, p=$1{,}3707\times10^{-5}$.

III.3. Caractéristiques physico-chimiques du biscuit élaboré

Les résultats obtenus pour les analyses physico-chimiques du biscuit élaboré sont présentés dans le **(Tab. 10).**

Tableau 10: Résultats des analyses physicochimiques du biscuit élaboré.

Paramètres	Biscuit
Humidités	5,95 %
PH	7,04 %
Taux de cendre	2,50 %
Lipides	8,69 %
Protéines	5,73 %

III.3.1. Humidité

Selon les auteurs **(Zhang *et al*., 2005; Lan *et al*., 2020; Afzal *et al*., 2022),** le contrôle de l'humidité est essentiel pour divers domaines industriels ainsi que pour la vie humaine. Il y a un grand intérêt à développer des capteurs d'humidité pour surveiller l'humidité relative dans les environnements qui y sont sensibles (telles que les boîtes à gants et les salles de nettoyage), détecter les effets de l'humidité dans de nombreux types d'applications médicales et alimentaires, etc.

D'après le **tableau 10,** nous remarquons que l'humidité de biscuit diminue par apport à la teneur en eau de la farine de mélange (riz et caroube) (de 13,06 % à 5,95 %). Cette valeur est proche de celle trouvée par **Botău *et al*., (2005)** qui est 6.00 %.

Cette diminution est probablement due aux conditions de cuisson et à l'évaporation d'une quantité d'eau de biscuit élaboré au cours de cette étape. Selon **Mamoumi *et al*., (2012),** le processus de cuisson, consiste à évaporer l'humidité extrinsèque du produit, qui provient à la fois de la farine et de la quantité d'eau ajoutée lors de processus d'élaboration. Ensuite, l'eau intrinsèque provenant d'autres ingrédients, tels que le sucre (joue un rôle dans le maintien de la texture de la génoise). Cette double évaporation se produit pendant la cuisson jusqu'à ce que les critères de cuisson préétablis soient atteints.

III.3.2.Ph

Le ph est un facteur essentiel qui influence la capacité de conservation des aliments, car il représente l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit surmonter pour se développer **(Ouali *et al*., 2016).** Un ph compris entre 3 et 6 est particulièrement propice à la croissance des levures et des moisissures **(Safa** et **Chergui, 2022).**

D'après les résultats, le ph de biscuits est estimé à 7,04 %, supérieur de ceux donnés par **Fang *et al*., (2022)** qui sont de 5,53 et 6,01 %. Mais proche des valeurs mentionnées par **Nwosu** et **Akubor, (2018); Kumar** et **Samsher, (2016).** Le ph obtenu est acceptable par rapport à l'intervalle établi par **Parveen *et al*., (2017)** (6 % à 7,40 %).

III.3.3. Taux de cendre

La teneur en cendres des matières alimentaires est une indication des minéraux présents dans les aliments **(Okpala** et **Egwu, 2015).**

D'après les résultats trouvés, le taux cendre de biscuit confectionné est supérieur à ceux trouvée par **Okpala *et al*., (2013)** et par **Okpala** et **Egwu, (2015)** qui sont estimés de 1,96 % et 1.74 %. Ils sont par contre proches de ceux trouvés par **Alam *et al*., (2014)** et par **Akram *et al*., (2024)** qui sont respectivement de 2,40 % et 2,42 ± 0,5 %.

Le taux de cendre de biscuit est inférieur à celui présenté par **Parveen *et al*., (2017)** (3,17 %). Cette différence dans les valeurs trouvées est certainement due d'une part à la composition de la recette des biscuits, et d'autre part à la région et la variété du riz utilisé (**Adebiyi *et al*., 2017; kulthe *et al*., 2018).**

III.3.4. Lipides totaux

Selon les résultats présentés dans le **tableau 10,** nous remarquons une augmentation très significative de la teneur en matière grasse de biscuit qui passe de 1,02 % à 8,69 %. Cette valeur est inférieure à celles trouvées par **Islam *et al*., (2012); Agu *et al*., (2023); Ezegbe *et al*., (2023).** Cependant**,** elle est supérieure à celle mentionnée par **Roger *et al*., (2022),** estimée à 2,02 ± 0.03 % et proche de celle annoncée par **Safir, (2020)** qui est de 8,5 %.

L'augmentation de taux des lipides est probablement due à l'ajout de la matière grasse (margarine) au cours de la préparation de biscuit **(Melouk, 2023).** L'addition du gras dans la recette d'élaboration contribue à l'amélioration de la qualité gustative des biscuits **(Safir, 2020).**

III.3.5. Protéines totales

D'après les résultats trouvés, nous remarquons que le biscuit élaboré présente une légère diminution de la teneur en protéines passants de 6,86 % à 5,73 %. Ce résultat est inférieur à celui mentionné par **Ziena *et al*., (2019)** qui est de 7,52 %.

Selon **Arepally *et al*., (2020)** et **Mulargia *et al*., (2022),** cette diminution est possible due à la dénaturation des protéines, la gélatinisation partielle de l'amidon, et les réactions de brunissement enzymatique et non enzymatique (Maillard) et la déformation de la pâte au cours de la cuisson.

III.4. Résultats de l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est un critère important qui permet d'évaluer la qualité des produits alimentaires, à savoir: aspect, goût, saveur, arôme, odeur, consistance, texture, transparence **(Diallo *et al*., 2015; Jalbà, 2023).**

Chaque indice de qualité sensorielle est évalué à l'aide d'une échelle de 0 à 10 points, et nous avons calculé leurs moyennes qui sont mentionnées dans le tableau ci-dessous **(Tab. 11).**

Tableau 11: Moyennes des critères sensorielles.

Indice de qualité sensorielle	Couleur	Odeur	Forme	Goût	Texteur
Moyennes	8,1	8,62	8,18	7,28	8

À travers les moyennes **(Tab. 11),** nous avons pu tracer le profil sensoriel du biscuit élaboré **(Fig. 14).**

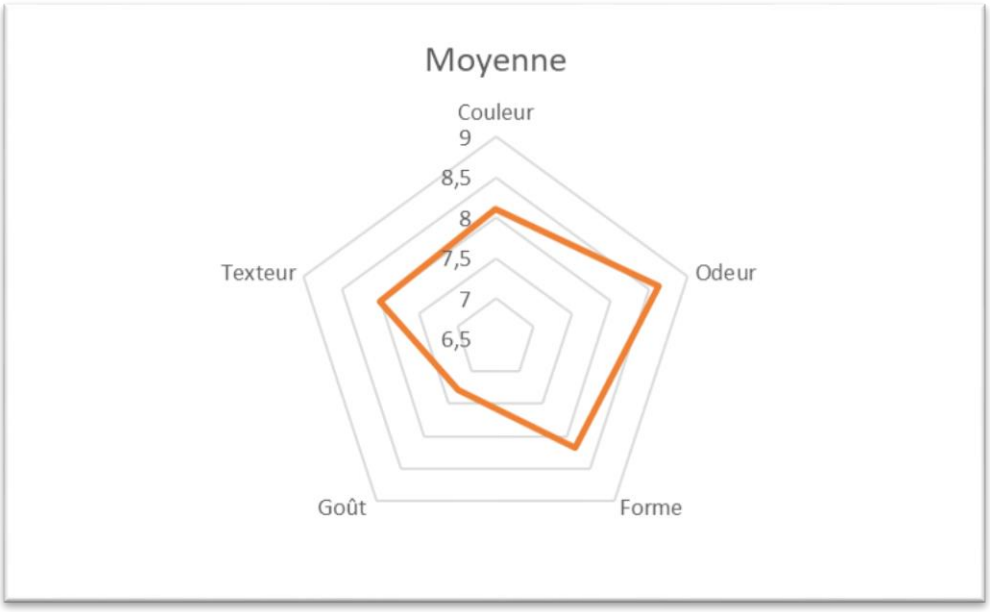


Figure 14: Profil sensoriel du biscuit élaboré.

III.4.1. Couleur

La couleur est un attribut essentiel car elle peut stimuler l'appétit des individus. Elle joue également un rôle crucial dans le contrôle des processus de cuisson et de torréfaction, car des pigments bruns se forment progressivement lors des réactions de brunissement et de caramélisation. Ces pigments contribuent à l'apparence appétissante des aliments cuits et torréfiés **(Chauhan *et al*., 2016; Adeola** et **Ohizua, 2018).**

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le critère couleur de biscuit ont été jugé « Excellent » par l'ensemble des dégustateurs avec une moyenne de 8,1 %.

Selon **Pereira *et al*., (2013); Bolarinwa *et al.*, (2019),** le développement de la couleur est peut-être dû à la composition des ingrédients, à la vitesse de l'air dans le four et à la pigmentation rouge résultant de la réaction de Maillard ou au brunissement non enzymatique qui dépend de la teneur en sucres réducteurs et en acides aminés ou en protéines à la surface, de la température et du temps de cuisson.

III.4.2. Odeur

Un autre compartiment est réservé à l'odorat. L'odorat est le sens par lequel nous détectons les odeurs et les arômes. Il participe de manière importante à l'analyse sensorielle de produit fini **(Follows, 2000),** car le nez est essentiel pour goûter et reconnaître ce que nous

mangeons. La typicité et l'intensité de l'odeur sont appréciées. Les condiments et les épices doivent conférer au produit un arôme spécifique, agréable et bien défini **(Jalabà, 2023).**

Le biscuit analysé par les dégustateurs jugés que l'odeur "excellente" a une forte odeur de vanille et pépète de chocolat noire. Sans aucune odeur étrangère, désagréable ou altérée.

III.4.3. Forme

La forme est un paramètre indispensable à l'admissibilité et à l'évaluation d'un point de vue générale de l'apparence du produit fini.

Les formes des biscuits peuvent être pratiquement infinies. On passe des premiers biscuits de forme irrégulière, modelés avec les doigts ou déposés à l'aide d'une cuillère, à des formes précises réalisées avec des moules.

D'après les résultats mentionnés dans le **tableau 11** nous constatons que la forme de biscuit est qualifiée comme une excellente forme « Triangle et rectangulaire » par les dégustateurs avec une moyenne de 8,18.

III.4.4. Goût

Le sens du goût implique une activation sensorielle multimodale qui permet de détecter et d'identifier différentes saveurs. Aujourd'hui, cinq goûts primaires ont été identifiés (sucré, salé, aigre, amer et umami). Ceux-ci sont souvent combinés pour former des sensations gustatives complexes. La langue est l'organe principal associé au goût **(Brondel *et al*., 2013; Jalbà, 2023).**

Les dégustateurs donne lui une moyenne de 7,28, ce qui indique que le goût est acceptable et mois sucré (sans sucre ajouté).

III.4.5. Texteur

Il est souvent supposé que la qualité de la texture soit corrélée à des mesures physiques telles que la propagation et la résistance à la rupture, obtenues via des essais de flexion. Ainsi, de nombreuses études utilisent les facteurs physiques comme indicateurs de qualité texturale. Ces facteurs physiques comprennent l'étalement, le volume, la rétention de forme, la dureté, le croustillant, la couleur et la fissuration de la surface **(Van der Sman** et **Renzetti, 2019).**

Le texture de biscuit élaboré est qualifié de « croustillante » par les dégustateurs à moyenne de 8,00.

Elle est influencée par les ingrédients appliqués dans la formulation du biscuit **(Razack *et al*., 2020),** il s'agit principalement à mesure que le sucre fond et que des agrégats de protéines et des ponts lipidiques se forment, après quoi, en refroidissant, un état vitreux de sucre s'intègre dans ces composants **(Myers *et al*., 2023).**

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a pour but, de formuler une recette de biscuit sans gluten à base de farine de riz blanc et de poudre de caroube destiné aux malades cœliaques.

Le choix de la matière première revient, d'une part à la richesse nutritionnelle du riz et du caroube ; qui sont naturellement sucrés (riche en amidon), sans caféine et sans gras saturés. Et d'autre part pour le fait qu'elle soit dépourvue de gluten, est utilisée dans le cadre d'un régime sans gluten.

Les analyses physico-chimiques de la matière première montrent que les farines utilisées présentent un taux d'humidité l'égerment élever probablement dû aux conditions environnementales. Pour les protéines, nous remarquons que la farine de riz et la poudre de caroube enregistrent des teneurs de 7,90 % et 1,34 % successivement, ces valeurs sont comprises dans l'intervalle cité par les organismes alimentaires.

Ces farines présent un faible teneur en lipides (1 % pour la farine de riz et 0,5 % pour la poudre de caroube) et un pH qui est respectivement de 6,45 % et 5,22 %. Concernant leur mélange, nous remarquons une légère diminution de pH qui est peut-être dû à une augmentation de l'acidité provoquée par l'oxydation des lipides.

Les résultats de l'analyse physico-chimique du produit fini « Biscuit » montrent que sa teneur en humidité et son pH sont conformes aux normes requises, ce qui favorise une conservation optimale du produit. Une diminution de la teneur en protéines de (6,86 % à 5,73%) est notée, expliquée par une dénaturation des protéines, destruction de certains acides aminés sous l'effet de la chaleur et la déformation de la pâte au cours de l'étape de cuisson.

L'étude révèle aussi une augmentation de la teneur en lipides suite à l'ajout de la matière grasse (margarine) dans la préparation de biscuit, ce qui permet d'obtenir des biscuits dorés et cuits de manière homogène, améliore l'expérience gestative et contribue à procurer une texture moelleuse et tendre aux biscuits. Elle aide aussi à prévenir le dessèchement et à maintenir la fraîcheur de produit pendant une période plus longue.

L'analyse sensorielle effectuée sur le biscuit élaboré montre qu'il présente une bonne qualité organoleptique, caractérisé par une excellente couleur et une odeur agréable, avec un bon goût et une texture croustillante, avec différentes et belles formes. Ce biscuit est qualifié comme excellent par la plupart des dégustateurs.

A la lumière des résultats obtenus, il nous semble que ce travail mériterait d'être complété et d'ouvrir de nouveaux axes de recherche tel que:

- Procéder aux analyses microbiologiques.
- Faire plusieurs études (L'indice glycémique, évaluation des propriétés antioxydant, étude de la digestibilité et de la durabilité).
- Utiliser cette farine pour d'autre préparation afin de varier l'alimentation des malades cœliaques.
- Faire une étude statistique et économique sur le biscuit élaboré.
- Étude de la stabilité du biscuit préparé.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abdou Satar, M., Rakotoarisoa, N. V., Kamaliddine, A., & Andrianjaka, R. A. (2012). Caractérisation des graines de dix variétés de riz (Oryza sativa L.) cultivées à Mohéli, iles Comores. In Actes du forum d'innovation et de recherches (Vol. 10).

Abid, J., Muhammad, U. A., Saleha, A., Hafiz, U, A., Maria, Z., Rana, S, Z., & Shahrukh, K. (2022). A study on rice and buckwheat-based diet and its role in celiac disease: an overview. International Journal of Community Medicine and Public Health, Vol. 9, Issue 12, P. 4699-4704.DOI:10.18203/2394-6040.ijcmph20223233.

Adebiyi, J. A., Obadina, A. O., Adebo, O. A., & Kayitesi, E. (2017). Comparison of nutritional quality and sensory acceptability of biscuits obtained from native, fermented, and malted pearl millet (Pennisetum glaucum) flour. Food chemistry, vol. 232, p. 210-217.

Adeola, A. A., & Ohizua, E. R. (2018). Physical, chemical, and sensory properties of biscuits prepared from flour blends of unripe cooking banana, pigeon pea, and sweet potato. Food science & nutrition, vol. 6, n°3, p. 532-540.

Afzal, U., Afzal, J., & Aslam, M. (2022). Analyzing the imprecise capacitance and resistance data of humidity sensors. Sensors and Actuators B: Chemical, vol. 367, p. 132092.

Agu, H. O., Ihionu, J. C., & Mba, J. C. (2023). Sensory and physicochemical properties of biscuit produced from blends of whole wheat, soy okara and tigernut residue flours. Heliyon, vol. 9, n°4.

Ahmia, H., Bouguerioune, H., Latrêche, M., & Boudjerda, D. E. (2008). Qualité physico-chimique et microbiologique de la farine Infantile importée (Doctoral dissertation, Université de Jijel), pp. 81.

Aïssatou, C., Elisée, K. Y., & Georges, A. N. G. (2021). Caractéristiques Physico-Chimiques et Organoleptiques de Certaines Variétés de Riz Local Cultivées en Côte d'Ivoire [Physico-Chemical And Organoleptic Characteristics Of Certain Varieties Of Local Rice Cultivated In Côte d'Ivoire]. Vol. 29, n°1, pp.668-674.

Akram, A., Yasmin, I., Sharif, H. R., Nayik, G. A., Ramniwas, S., & Siddiqui, S. A. (2024). Compositional profiling and bioefficacy studies of pulses-supplemented isocaloric

designer biscuits for recently diagnosed diabetic individuals. Food Chemistry: X, vol. 22, p. 101305.

Alam, M., Alam, M., Hakim, M., Huq, A. O., & Moktadir, S. G. (2014). Development of fiber enriched herbal biscuits: a preliminary study on sensory evaluation and chemical composition. Int J Nutr Food Sci, vol. 3, p. 246-50.

Ardent, E. K., Renzetti, S., & Fabio dal Bello. (2009). Dough Microstructure and Textural Aspects of Gluten-Free Yeast Bread and Biscuits. In Gluten-Free Food Science and Technology, GALLAGHER E. Wiley-Blackwell. UK. Pp 107-125.

Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., & Datta, A. K. (2020). Biscuit baking: A review. Vol. 131, 109726p.

Assifaoui, A., Champion, D., Chiotelli, E., & Verel, A. (2006). Characterization of water mobility in biscuit dough using a low-field H NMR technique. Carbohydrate Polymers, 64: 197-204p.

Avallone, R., Plessi, M., Baraldi, M., & Monzani, A. (1997). Determination of chemical composition of carob (Ceratonia siliqua): protein, fat, carbohydrates, and tannins. Journal of Food composition and analysis, n°2, vol. 10, pp.166-172.

B

Batlle, I., & Tous, J. (1997). Carob tree Ceratonia siliqua L., Promoting the conservation anduse of underutilized and neglected crops. 17, Gatersleben: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Rome: International Plant Genetic Resources Institute. 92 pages.

Battu, C. (2017). L'accompagnement nutritionnel d'un patient souffrant d'une maladie cœliaque. Actualités Pharmaceutiques, vol. 56, no 567, p. 55-58.

Benkadri, S. (2010). Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants coeliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten, thèse de Magister en Sciences Alimentaires, Université Mentouri de Constantine, INATAA, p.88.

Berrougui, G. (2007). « Le caroubier (Ceratoniasiliqua L.), une richesse nationale aux Vertus médicinales, Maghreb Canada Express », n°9. Vol. 5.

Bienvenido, O. J. (1994). « Le riz dans la nutrition humaine » Google livre. Publie avec la collaboration de l'institut international de recherche sur le riz (Rom 1994). Collection FAO: Alimentation et nutrition, n°26, p. 1.

Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten?. Journal of gastroenterology and hepatology, vol. 32, p. 78-81.

Bolarinwa, I. F., Lim, P. T., & Muhammad, K. (2019). Quality of gluten-free cookies from germinated brown rice flour. Food research, n°3, vol. 3, pp.199-207.

Bonaz, B. (2023). Maladie cœliaque: quoi de neuf?. Médecine des Maladies Métaboliques, vol. 17, n°7, p. 549-557.

Bonjean, A. P. (2020). Le riz, céréale dédiée à la nutrition de l'humanité. Paysans & société, n° 6, p. 46-54.

Botău, D., Pîrvulescu, P., Alexa, E., & Ciulca, S. (2015). Obtaining and nutritional characterisation of functional biscuits with cereal germs and Momordica charantia extract. Vol. XIX, pp.129.

Boukazoula F., Abla K., & Zidoune M. N-E. (2015). La maladie coeliaque à Tébessa (Algérie): Evolution de la prevalence entre 2000 et 2014. Annales des sciences de la santé, ISSN: 2421-8936,14p.

Bouremoume, B., Rouagdia, M., & Fadlaoui, K. (2023). La poudre de caroube. Pp.56.

Boussenou, M. (2023). Production d'un substitut de chocolat à base de poudre de caroube. Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri. Pp. 45.

Brondel, L., Jacquin, A., Meillon, S., & Pénicaud, L. (2013). Le goût: physiologie, rôles et dysfonctionnements. Nutrition clinique et métabolisme, vol. 27, no 3, p. 123-133.

C

Calixto, F. S., & Canellas, J. (1982). Components of nutritional interest in carob pods Ceratonia siliqua, Journal of the Science of Food Agriculture N°33, pp. 1319– 1323.

Casas Moreno, M. D. M., Barreto-Palacios, V., Gonzalez-Carrascosa, R., Iborra-Bernad, C., Andres-Bello, A., Martínez-Monzó, J., & García-Segovia, P. (2015). Evaluation of textural and sensory properties on typical Spanish small cakes designed using alternative flours. Journal of culinary science & technology, n°1, vol 13, 19-28p.

Catassi, C., & Fasano, A. (2008). Coeliac disease. Food Science and Technology. International Series, pp. 1-27.

Catassi, C., Gatti, S., & Lionetti, E. (2015). World perspective and celiac disease epidemiology. Dig Dis Basel Switz, n°2, vol. 33:141 6. 11.

Cellier, C. (2006). La maladie cœliaque de l'adulte Revue Française des Laboratoires Supplement, n° 369 : pp. 23-27.

Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. Cogent Food & Agriculture, vol. 2, n°1, 1125773.

Chevallier, K. (2021). Comment faire de la farine de riz maison. https://cuisine-saine.fr/vie-saine/comment-faire-farine-riz-maison/

Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G. and Lourdin, D. (1999). Structural modifications of biscuit doughs during baking-Role of ingrédients. INRA. Paris. Les Colloques 91: 191-197p.

Chhuneja, P., & Arora, J. K. (2020). Exploring genetic variability for developing celiac disease safe wheat. Wheat and Barley Grain Biofortification, 183-202.

Chin, R., Sander, H., Brannagan, T., Green, P., Hays, A., Alaedini, A., & Latov, N. (2003). Celiac neuroathy. Neurology 60, pp. 1581-1585.

Chochkov, R., Topleva, S., Chonova, V., Gogova, T., Nikolova, M., & Prokopov, T. (2019). Chemical and qualitative characteristic of bread and crackers innovative enriches with puree of rucola. Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, vol. 20, no 4, p. 521-531.

Ciclitira, J., & Moodie, J. (2003). Coeliac disease. Best Practice & Research Clinical Gastroenterology 17, pp. 181-195.

Crowe, S.E., & Delegge, M. H. (2008). Celiac disease, In: Nutrition and gastrointestinal disease. Press edition, pp. 123-148.

D

Dahmani, W., Elaouni, N., Abousalim, A., Akissi, Z. L. E., Legssyer, A., Ziyyat, A., & Sahpaz, S. (2023). Exploring carob (Ceratonia siliqua L.): A comprehensive assessment of its

characteristics, ethnomedicinal uses, phytochemical aspects, and pharmacological activities. Plants, vol. 12, n° 18, p. 3303.

Dahoui, A., & Attaf, R. (2022). Amélioration de la qualité d'un produit sans gluten « cookies » avec la farine du caroube. Projet fin d'étude. Biotechnologie Microbienne. Université Bouira, Algérie**.** Pp. 57.

De Man, W., & Chartron, S. (2015). Le riz, cette céréale méconnue. Cahiers de Nutrition et de Diététique, vol. 50, no 3, p. 165-173.

De, L. (2003).'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L'alimentation de L'environnement et du Travail. Relatif au Suivi des Teneurs en sel des Principaux Vecteurs Entre, n° « 2011-SA-0280 », pp.34.

Denis, A. (2011). Les biscuits et gâteaux: toute une diversité. Cahiers de Nutrition et de Diététique, n°2, vol 46, 86-94p.

Diallo, S., Doudjo, S. O. R. O., Youssouf, K. K., Emmanuel, A. N., Benjamin, Y. K., & Dago, G. N. A. K. R. I. (2015). Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou (Vignasubterranea L. verdc) dans la production des produits de boulangerie. Int. J. Innov. Sci. Res, vol. 18, no 2, p. 434-443.

Djemai, K. (2020). Effet d'un extrait de pulpe de caroube sur la croissance de Bifidobacterium animalis ssp lactis dans un lait fermenté. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri. Pp.56.

Dos Santos, S., & Lioté, F. (2016). Manifestations ostéo-articulaires liées à la maladie cœliaque et aux intolérances au gluten. Revue du Rhumatisme Monographies 83: pp. 218-221.

Doukani, K., & Tabak, S. (2015). Profil Physicochimique du fruit" Lendj » (Arbutusunedo L.). Nature &Technology/Nature & Technologie, no 12.

Dubois, D. (1996). Les farines: caractéristiques des farines et des pates. In industries des céréales. N°97. Ed: Lavoisier. Paris, p. 19-30.

E

El Batal, H. I. C. H. A. M. (2014). Contribution à la valorisation de la caroube marocaine: caractérisation morphologique et physico-chimique-application de la méthode des plans

d'expériences pour l'optimisation du procédé d'extraction de la gomme de graine et de production du sirop de pulpe. Pp. 169.

El Khorchani, A., Elhaj, A., Mezni, F., Slama, A., Ayari, F., Bessouda, B., & Khaldi, A. (2023). Guide sur les Techniques de Reproduction et de Multiplication du Caroubier en Tunisie. Pp. 17.

Erica, V. R. F., Razafimandimby, F. F., Luois, T. J., & Antoni, R. A. N. D. R. I. A. N. A. N. T. E. N. A. I. N. A. « Propriétés physiques, physico-chimiques et fonctionnelles de la farine du riz » Mamoriaka Mena. Revue des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, 68.

Evreinoff, V. A. (1947). Le Caroubier ou Ceratoniasiliqua L. Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, n°299, vol. 27, p. 389-401.

Ezegbe, C. C., Onyeka, J. U., & Nkhata, S. G. (2023). Physicochemical, amino acid profile and sensory qualities of biscuit produced from a blend of wheat and velvet bean (Mucuna pruriens) flour. Heliyon, vol. 9, no 4.

F

Fang, M., Ting, Y. S., & Sung, W. C. (2022). Effects of sodium alginate, pectin and chitosan addition on the physicochemical properties, acrylamide formation and hydroxymethylfurfural generation of air fried biscuits. Polymers, vol. 14, no 19, p. 3961.

FAO. (2024). Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales.

Fasano, A., & Catassi, C. (2012). Celiacdisease. New England Journal of Medicine 367, pp. 2419- 2426.

Fayet, L., Guex, E., & Bouteloup, C. (2011). Le régime sans gluten: les points pratiques. Nutrition clinique et métabolisme, n°3, vol. 25, p. 196-198.

Feillet, P. (2000). Le grain de blé composition et utilisation. Ed: INRA. Paris, pp. 312.

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

Fidan, H., Petkova, N., Sapoundzhieva, T., & Abanoz, E. I. (2016). Carbohydrate content in Bulgarian and Turkish carob pods and their products. In CBU international conference proceedings, Vol. 4, pp. 796-802.

Fine Dining, L. (2022). Les types de riz: recettes, caractéristiques, cuisson. https://www.finediningglovers.fr/article/les-differents-types-de-riz-et-comment-les-cuisiner?fbclid=IwAR2vWAhoYA0kp6ujgnHFSMVouFVYV4TtkfoFxFSuI6frYhJABp2LEcNz4Y

Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments : Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Edition Lavoisier, Paris, 424 p.

Fukagawa, N. K., & Ziska, L. H. (2019). Rice: Importance for global nutrition. Journal of nutritional science and vitaminology, vol. 65, n° Supplement, p. S2-S3.

Fustier, P. J. (2006). Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de-coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de doctorat en Sciences des Aliments et de Nutrition. Université Laval Québec, 293 p.

G

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

Garba, O., Mella, M. T., Kiari, S. A., Grema, M. H. I., & Zanguina, A. (2020). Valorisation de glume de mil et balle de riz par compostage: caractérisations physico-chimiques des composts. Afrique Science, vol. 17, no 4, p. 29-38.

Garrigues, P., Su, C., Reiss, B., & Mathieu, A. (2019). Maladie cœliaque et adénocarcinome du duodénum: à propos d'une observation et revue de la littérature. La Revue de Médecine Interne, vol. 40, p. A195-A196.

Gillet, S., Blecker, C., Paquot, M., & Richel, A. (2014). La relation structure chimique–propriétés physiques des galactomannanes extraits de la caroube. Comptes Rendus Chimie, vol. 17, no 4, p. 386-401.

Godon, B., & Willm, C. (1998.)"Les industries de première transformation des céréales". 2 ème édition, collection STAA. 656P.

Goyon, A., & Mestres, C. (2017). Rice: health benefits and risks. Cahiers de Nutrition et de Diététique, n°4, Vol. 52, p. 8.

Green P., Jabri B. (2003). Coeliac disease. Lancet. 362: 383-391.

Green, P., & Cellier, C. (2007). Celiac disease. New England Journal of Medicine 357, pp. 1731- 1743.

Guillin, F. (2021). Qualité nutritionnelle de la protéine de pois et développement méthodologique sur la digestibilité des acides aminés chez le rat et chez l'Homme. Thèse de doctorat. Université Paris-Saclay. Pp. 238.

Guindo, S. S., Sacko, S., Goita, O., Diawara, B., Dabo, H., Dembele, C., & Plea, M. (2021). Effet du taux d'humidité sur la minéralisation de différentes sources de matières organiques dans les sols sous cultures riz et blé au Mali. In Symposium malien sur les sciences appliquées (MSAS). Pp. 531.

H

Han, S. W., Chee, K. M., & Cho, S. J. (2015). Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. Food Chemistry, vol. 172, p. 766-769.

Hanh, D. T. M. (1994). UFR de Sciences et Technologies (Doctoral dissertation, UNIVERSITE PARIS).

Harrathi, S., Dahmeni, W., Elleuch, N., Hammami, A., Aida, B. S., Ksiaa, M., & Jmaa, A. (2022). Facteurs associés à la mauvaise adhérence au régime sans gluten. La Revue de Médecine Interne, vol. 43, p. A505.

Hu, X., Hu, L., Zheng, J., & Rong, J. (2022). Classification, Processing Procedures, and Market Demand of Chinese Biscuits and the Breeding of Special Wheat for Biscuit Making. Journal of Food Quality, vol 2022.https://doi.org/10.1155/2022/6679776.

I

Ichikawa, C., Ishikawa, D., Jia Min Yang., & Tomoyuki F. (2020). Phenomenological analysis on whipping behavior of rice flour batter. Food Engineering, Materials Science, & Nanotechnology, n°12, vol.85, pp .4327-4334.

Idir, K. A. (2020). Épidémiologie de la maladie cœliaque dans le monde Epidemiology of Celiac Disease world wide. Med Sci, 7, 1-5

Iipumbu, L. (2008). Compositional analysis of locally cultivated carob (Ceratonia siliqua) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University). Pp. 107.

Islam, M. Z., Taneya, M. L. J., Shams-Ud-Din, M., Syduzzaman, M., & Hoque, M. M. (2012). Physicochemical and functional properties of brown rice (Oryza sativa) and wheat (Triticum aestivum) flour and quality of composite biscuit made thereof. Vol. 10, n°2, p. 20-28.

Ivarsson, A., Hornell, O., Stenlund, H., & Persson, A. (2002). Breastfeeding protects against celiac disease. Am J Clin Nutr, 75: pp. 914-921.

J

Jaafari, M. (2015). La maladie cœliaque et le rôle du pharmacien d'officine dans la prise en charge et le traitement. Pp. 129.

Jalbà, R. (2023). Analyse sensorielle des produits de confiserie. Chișinău, Republica Moldova, Vol. IV, pp. 383-387.

K

Kaddour, F. F., Mahdad, N., Nedjadi, K. B., & Bouchenak, M. (2023). Adhésion au Régime Méditerranéen chez une population pédiatrique atteinte de maladie cœliaque et sous régime sans gluten. Nutrition Clinique et Métabolisme, n°2, vol.37, p.e78-e79.

Kaouane, L. (2022). Préparation traditionnelle d'une farine de riz et essai d'élaboration d'un biscuit sans gluten destiné aux malades cœliaques. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri. Pp. 34.

Kasote, D., Sreenivasulu, N., Acuin, C., & Regina, A. (2022). Enhancing health benefits of milled rice: current status and future perspectives. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 62, n° 29, p. 8099-8119.

Kassous, W., &Djourdem, N. (2022). Élaboration de cookies diététiques à base de farine de souchet comestible et de bactéries probiotiques. Master en sciences alimentaires, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, p58.

Kaukinen, K., Halme, L., Collin, P., Färkkilä, M., Mäki, M., Vehmanen, P., Partanen, J., & Höckerstedt, K. (2002). Celiac disease in patients with severe liver disease: gluten-free diet may reverse hepatic failure. Gastroenterology 122, pp. 881-888

Kiger, J. L., & Kiger, J. G. (1967). Techniques modernes de la biscuiterie, patisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696p.

Kocherane, R. (2021). Morpho-ecological and phytochemical characterization of carob tree (Ceratonia siliqua L.) in Algeria. Thèse de doctorate. University Ziane Achour. Pp. 155.

Kulthe, A. A., Thorat, S. S., & Khapre, A. P. (2018). Nutritional and sensory characteristics of cookies prepared from pearl millet flour. The Pharma Innovation Journal, vol. 7, n° 4, p. 908-913.

Kumar, R., & Samsher, C. S. (2016). Studies on the proximate analysis of biscuits using multigrain flours during ambient condition. International Journal of Food Science and Nutrition, vol. 1, no 2, p. 39-41.

L

Laaraj, S., Salmaoui, S., Addi, M., El-Rhouttais, C., Tikent, A., Elbouzidi, A., & Elfazazi, K. (2023). Carob (Ceratonia siliqua L.) seed constituents: A comprehensive review of composition, chemical profile, and diverse applications. Journal of Food Quality, vol. 2023.

Lagha-Benamrouche, S., & Hezil, D. (2023). Production of chocolate enriched with carob powder. Revue Agrobiologia), n°2, vol. 13, pp.3597-3605.

Lamireau, T., & Olives, J. P. (2016). Maladie cœliaque. Gastroentérologie pédiatrique, p. 118.

Lan, L., Le, X., Dong, H., Xie, J., Ying, Y., & Ping, J. (2020). One-step and large-scale fabrication of flexible and wearable humidity sensor based on laser-induced graphene for real-time tracking of plant transpiration at bio-interface. Biosensors and Bioelectronics, vol. 165, p. 112360.

Landry, K. (2017). Nutrition – Le riz sous toutes ses formes (1re partie). https://www.acadienouvelle.com/etc/styledevie/2017/04/09/nutrition-riz-toutes-formes-1re-partie/

Lara, E., Cortés, P., Briones, V., & Perez, M. (2011). Structural and physical modifications of corn biscuits during baking process. LWT-Food Science and Technology, n°3, vol 44, 622-630p.

Lecerf, J. M. (2019). Dochead nouvelles approches Sous-dochead apport protéique protéines végétales L'équilibre des protéines végétales et des protéines animales.

Lepers, S., Couignoux, S., Colombel, J. F., & Dubucquoi, S. (2004). La maladie cœliaque de l'adulte: aspects nouveaux. La revue de médecine interne, vol. 25, no 1, p. 22-34.

Lionetti, E., & Catassi, C. (2011). New clues in celiac disease epidemiology, pathogenesis, clinical manifestations, and treatment. Int Rev Immunol, n°4, vol. 30 :219- 31.

Lionetti, E., & Catassi, C. (2014). Co-localization of gluten consumption and HLA-DQ2 and - DQ8 genotypes, a clue to the history of celiac disease. Digestive and Liver Disease, n°12, vol. 46, pp.1057-1063. Doi: https://doi.org/10.1016/j.dld.2014.08.002Lionetti

Ludvigsson, J. F., Bai, J., Biagi, F., Card, T., Ciacci, C., Ciclitira, P., Green, P., Hadjivassiliou, M., Holdoway, A., & Heel, D. (2014). Diagnosis and management of adult coeliac disease: guidelines from the British Society of Gastroenterology. Gut 63, pp. 1210-1228.

Ludvigsson, J. F., Leffler, D. A., Bai, J. C., Biagi, F., Fasano, A., Green, P. H., & Ciacci, C. (2013). The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. Gut, n°1, vol. 62, pp.43–52.

M

Maache-Rezzou, Z., Bouvier, J.M., Allaf, K., & Patras, C. (1998). Effect of Principal Ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits. Journal of Food Engineering, vol. 35, no 1, p. 23-42.

Makanda, D. A. M., Bambele, L., Ndonda, A., & Monde, G. (2021). Détermination des periodes optimales de semis des variétés de riz a cycles court et moyen a Yangambi. International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 56, no 2.

Malamut, G., Meresse, B., Cellier, C., & Cerf-Bensussan, N. (2009). La maladie cœliaque en 2009: un futur sans régime? Gastroentérologie clinique et biologique, vol. 33, no 8-9, p. 635-647.

Mamat, H., & Hill, S. E. (2018). Structural and functional properties of major ingredients of biscuit. International food research journal, n°2, vol 25, 462p.

Mamat, H., & Hill, S.E. (2014). Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. Journal of Food Science and Technology, 51(9): 1998-2005.

Mamoumi, M., Fikri, H., Slimani, R., Amarouche, H., Ennaji, M. M., Zahouily, M., & Lazar, S. (2012). Effect of baking on the physical-chimical characteristics and the hygienical quality of biscuits/effet de la cuisson sur les caractéristiques physico-chimiques et la qualite sanitaire des biscuits. Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, vol. 13, no 2, p. 223

Manley, D. (2001). Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, 200 p.

Manley, D. (2011). Setting the scene: A history and the position of biscuits. In Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (pp. 1-9). Woodhead Publishing.

Manley, D., (1998). Biscuit, Cookie, and Cracker Manufacturing - Manual 3: Biscuit dough piece forming. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, 93 p.

Manoharr, S. & Rao, P. H. (2002). Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough topredict biscuit quality. Food Research International, vol. 35, no 9, p. 807-813.

Melouk, F. (2023). L'impact de l'attaque des insectes de stock sur la qualité des légumineuses (pois chiche et fève). Master en agroalimentaire et contrôle de qualité. Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira, Algérie, 59p.

Menard, G., Emond, S., Segin, R., Bolduc, R., Boudreau, A., Marcous, D., Painchaud, M., & Poirier, D. (1992). La biscuiterie industrielle. Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université Laval. Sainte-Foy. Canada: 287- 348. 439 p.

Menasra, A. (2020). Etude de la formulation et des traitements technologiques des biscuits enrichis. Thèse doctorat. Université HADJ LAKHDAR - BATNA 1 :172p.

Mezdour, H., & Messikh, A. (2020). Synthèse Bibliographique sur la mise en place du système HACCP dans une entreprise agro-alimentaire Etude de cas : -Biscuiterie ISO9 International-, Mémoire master 2, Université A. MIRA – Béjaia, p20.

Morais, A. C. S., & Rodrigues, M. C. P. (2018). Optimization and consumer acceptability of carob powder as cocoa substitute in lactose-free cashew nut almonds-based beverage. International Food Research Journal, vol. 25, n° 6.

Mouterde, O., Benhariz, M., & Dumant, C. (2008). Le nouveau visage de la maladie cœliaque. Archives de Pédiatrie, n°15, vol. 501, pp.503.

Mulargia, L. I., Lemmens, E., Reyniers, S., Korompokis, K., Gebruers, K., Warren, F. J., & Delcour, J. A. (2022). The impact of cyclodextrins on the in vitro digestion of native and gelatinised starch and starch present in a sugar-snap cookie. LWT, vol. 165, p. 113748.

Myers, J. S., Bean, S. R., Aramouni, F. M., Wu, X., & Schmidt, K. A. (2023). Textural and functional analysis of sorghum flour cookies as ice cream inclusions. Grain & Oil Science and Technology, vol. 6, no 2, p. 100-111.

N

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

Nikiéma, D., Sawadogo, N., Tiendrébéogo, K. F., Sinaré, Y. I., Barry, M. L., & Sié, M. (2022). Diversité génétique, Importance et potentiel de production du riz (Oryzaspp.) sous différents modes de gestion de l'eau dans un contexte de variabilité climatique au Burkina Faso. International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 37, no 1, p. 139-153.

Nion-Larmurier, I., & Cosnes, J. (2009). Maladie cœliaque. Gastroentérologie clinique et biologique, n° (6-7), vol.33, p. 508-517.

Norme (NF ISO 712) (V03-707): Céréales et produits céréaliers – Détermination de la teneur en eau.

Norme algérienne N.A. 1132-2008/ISO 712: détermination de la teneur en eau.

Norme ISO712. (1979). Céréales et produits céréaliers – Détermination de la teneur en eau.

Nwosu, A. N., & Akubor, P. I. (2018). Acceptability and storage stability of biscuits produced with orange peel and pulp flours. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, vol. 12, no 12, p. 8-15.

O

Oko, A. O., Ubi, B. E., Efisue, A. A., & Dambaba, N. (2012). Comparative Analysis of the Chemical Nutrient Composition of Selected Local and Newly Introduced Rice Varieties Grown in Ebonyi State of Nigeria. International Journal of Agriculture and Forestry, n°2, vol.2, pp.16-23.

Okpala, L. C., & Egwu, P. N. (2015). Utilisation of broken rice and cocoyam flour blends in the production of biscuits. Nigerian Food Journal, vol. 33, no 1, p. 8-11.

Okpala, L., Okoli, E., & Udensi, E. (2013). Physico-chemical and sensory properties of cookies made from blends of germinated pigeon pea, fermented sorghum, and cocoyam flours. Food science & nutrition, vol. 1, no 1, p. 8-14.

Ouali, C., Meribah, K., & Idoui, T. E. (2016). La bioconservation des poissons par l'ajout d'extraits du fruit d'Arbutusunedo L: Evaluation de la qualité au cours du stockage réfrigéré (Doctoral dissertation. Thèse de doctorat. Université de Jijel. Pp.46.

Oziyci, H. R., Tetik, N., Turhan, I., Yatmaz, E., Ucgun, K., Akgul, H., & Karhan, M. (2014). Mineral composition of pods and seeds of wild and grafted carob (Ceratonia siliqua L.) fruits. Scientia Horticulturae, vol. 167, p. 149-152.

P

Parveen, H., Bajpai, A., Bhatia, S., & Singh, S. (2017). Analysis of biscuits enriched with fibre by incorporating carrot and beetroot pomace powder. The Indian Journal of Nutrition and Dietetics, vol. 54, no 4, p. 403-413.

Pereira, D., Correia, P. M., & Guiné, R. P. (2013). Analysis of the physical-chemical and sensorial properties of Maria type cookies. Acta Chimica Slovaca, 6 (2), 269-280.

Powell, D.W. (2008). Approach to the patient with diarrhea. In: Principles of clinical gastroenterology, pp. 323-324.

Q

Quezel, P., & Santa, S. (1962/63). « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales (tome 1) ». Edition du centre national de la recherche scientifique, Paris. PP: 557.

R

Rashid, M., & Lee, J. (2016). Tests sérologiques dans la maladie cœliaque: Guide pratique à l'usage des cliniciens. Canadian Family Physician, vol. 62, no 1, p. e11-e17.

Ravnskjaer, K., Hogan, M. F., Lackey, D., Tora, L., Dent, S. Y., Olefsky, J., & Montminy, M. (2013). Glucagon regulates gluconeogenesis through KAT2B-and WDR5-mediated epigenetic effects. The Journal of clinical investigation, vol. 123, no 10, p. 4318-4328.

Rawashdeh, M.O., Khalil, B., &Raweily, E. C. (1996). disease in Arabs J Pediart Gastroenterol Nutr 23: pp. 8- 415.

Razack, S. A., Suresh, A., Sriram, S., Ramakrishnan, G., Sadanandham, S., Veerasamy, M., & Sahadevan, R. (2020). Green synthesis of iron oxide nanoparticles using Hibiscus rosa-sinensis for fortifying wheat biscuits. SN Applied Sciences, vol. 2, p. 1-9.

Rekik, F., Frikha, F., Salah, R. B., Ghribi, M., Ghariani, R., Snoussi, M., ... & Bahloul, Z. (2018). Contribution à l'étude de la maladie cœliaque de l'adulte en milieu de médecine interne: une série monocentrique de 43 cas. La Revue de Médecine Interne, vol. 39, p. A142.

Rodriguez-Garcia, J., Ding, R., Nguyen, T. H., Grasso, S., Chatzifragkou, A., & Methven, L. (2022). Soluble fibres as sucrose replacers: Effects on physical and sensory properties of sugar-reduced short-dough biscuits. Vol 167, 113837p.

Roger, P., Bertrand, B. M. M., Gaston, Z., Nouhman, B., & Elie, F. (2022). Nutritional composition of biscuits from wheat-sweet potato-soybean composite flour. International Journal of Food Science, vol. 2022.

Roshid, M., Wazed, M. A., Islam, M. R., Mahomud, M. S., & Khatun, H. (2016). Preparation of gluten free bread using the mixture of different cereals grain flour. International journal of advanced multidisciplinary research, vol. 3, no 5, p. 9-16.

Rostom, A., Murray, J.A., & Kagnoff, M.F. (2006). American Gastroenterological Association (AGA). Institute technical review on the diagnosis and management of celiac disease. Gastroenterology, n°6, vol .131, pp. 1981-2002.

S

Saadoudi, M. (2019). Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits alimentaires à base du fruit de Zizyphus lotus L. Thèse de doctorat en sciences. Université Hadj Lakhdar Batna 01 (UHB1), Algérie, 140 p.

Sadji, M., Ndiaye, N, F., Traore, D., Zongo, CH., Traore, Y., Sall, M., & Traore, A. (2016). Effet de l'étuvage en présence de jus de pastèque (Citrulluslanatusthunb) sur quelques paramètres nutritionnels de riz (OryzaSativa.L) irrigue « Sahel108 » de la vallée du fleuve Senegal : Etude préliminaire, n°1, vol.16, P. 23.

Safa, B., & Chergui Rayane, F. A. I. (2022). Caractérisation physicochimique et potentiel antioxydant des biscuits enrichis en jus de betterave (Beta vulgaris). Pp. 33.

Safir, S. (2020). Élaboration d'un biscuit <<Cookies>>sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève, projet fin d'étude : Agroalimentaire et contrôle de qualité. Université Akli Mohand Oulhadj -Bouira, Algérie :42p.

Sahnoun, S., & Guerrah, F. (2019). Essais de germination des graines de caroubier (Ceratoniasiliqua L.) par l'utilisation des effluents secondaires de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri. Pp. 52.

Sapone, A., Bai, J. C., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P. H., Hadjivassiliou, M., & Fasano, A. (2012). Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. BMC medicine, vol. 10, p. 1-12.

Schlienger, J. L. (2020). Chapitre 24. Intolérance au gluten (maladie cœliaque). Dietetique en Pratique Medicale Courante (Troisième Édition). Paris: Elsevier Masson, pp. 241- 245.

Schmitz, J. (2007). Le régime sans gluten chez l'enfant. Journal de pédiatrie et de puériculture, 20 : pp. 337-344.

Schmitz, J., & Garnier-Lengline, H. (2008). Diagnostic de la maladie coeliaque. Archives de pédiatrie, 15 : pp. 456-461.

Sęczyk, Ł., Świeca, M., & Gawlik-Dziki, U. (2016). Effect of carob (Ceratonia siliqua L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. Food Chemistry, vol. 194, p. 637-642.

Setty, M., Hormaza, L., & Guandalini, S. (2008). Celiac Disease. Molecular Diagnosis & Therapy, n°5, vol.12, pp. 289-298. Doi: 10.1007/BF03256294.

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

Siano, F., Mamone, G., Vasca, E., Puppo, M. C., & Picariello, G. (2023). Pasta fortified with C-glycosides-rich carob (Ceratonia siliqua L.) seed germ flour: Inhibitory activity against carbohydrate digesting enzymes. Food Research International, vol. 170, p. 112962.

Siano, F., Sciammaro, L., Volpe, M. G., Mamone, G., Puppo, M. C., & Picariello, G. (2018). Integrated analytical methods to characterize lipids from Prosopis spp. and Ceratonia siliqua seed germ flour. Food analytical methods, vol. 11, p. 3471-3480.

Singh, P., Arora, A., Strand, T. A., Leffler, D. A., Catassi, C., Green, P. H., & Makharia, G. K. (2018). Global Prevalence of Celiac Disease: Systematic Review and Meta-analysis. Clinical Gastroenterology and Hepatology, n°6, vol. 16, pp. 823-836.e822. Doi: https://doi.org/10.1016/j.cgh.2017.06.037

Sofia, ES. (2016): « Processus de fabrication des biscuits et gaufrettes ». P: 9.

Songre-Ouattara, L. T., Gorga, K., Bationo, F., Savadogo, A., & Diawara, B. (2016). Utilisation du moringa, de la spiruline, de la patate douce à chair orange et d'un complexe minéral et vitaminique dans la fabrication de biscuits de sorgho enrichis destinés aux jeunes enfants. International Journal of Biological and Chemical Sciences, n°4, vol 10,1651-1665p.

T

Thangavelu, S. (2022). YOU KNOW HOW MANY TYPES OF BISCUITS CAN BAKE NOWADAYS? https://www.kugans.com/blogs/news/you-know-how-many-types-of-biscuits-can-bake-nowadays

Thompson, T. (2008). The gluten-free nutrition guide. Mcgraw-hill edition, usa, pp. 245.

Torjmen, F., Bradai, S., Hamida, S. B., Elloumi, H., Belkhamsa, A., & Cheikh, I. (2019). Profil épidémiologique, clinique et thérapeutique de la maladie cœliaque. La Revue de Médecine Interne, vol. 40, p. A194-A195.

Tounsi, L., Kechaou, H., & Kechaou, N. (2021). Etude des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du sirop de caroube. Journal of Oasis Agriculture and Sustainable Development, vol. 3, no 1, p. 20-25.

V

Van der Sman, R. G. M., & Renzetti, S. (2019). Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 59, no 14, p. 2225-2239.

Vauquelin, B., & Rivière, P. (2023). Maladie cœliaque. La Revue de Médecine Interne. Vol. 44, Issue 10, pp. 539-545.

Verkarre, V., & Brousse, N. (2013). Le diagnostic histologique de la maladie cœliaque Histopathology of coeliac disease, n°2, vol. 61, pp. e13-e19.

W

Weber, A-L. (2012). La maladie cœliaque : physiopathologie et traitement. "Guide" de conseils pour le pharmacien d'officine. Diplôme d'état de Docteur en Pharmacie, Université de LORRAINE, Faculté de pharmacie : 86p.

Y

Yesli, A., Latreche, S., Aissiou, MYEA & Azzouz, L. (2021). Influence de la poudre de pulpe de caroube (Ceratonia Siliqua L.) sur les propriétés rhéologiques de la farine de blé tendre. Revue Agrobiologia, 11(2): pp. 2641-2650.

Yousif, Ali. K., & Alghzawi, H.M. (2000). Processing and characterization of carob powder. Food Chem. 69, 283–287.

Youssef, M. K. E., El-Manfaloty, M. M., & Ali, H. M. (2013). Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (Ceratonia siliqua L.). PP.304-308.

Z

Zhang, Y., Yu, K., Jiang, D., Zhu, Z., Geng, H., & Luo, L. (2005). Zinc oxide nanorod and nanowire for humidity sensor. Applied surface science, vol. 242, no 1-2, p. 212-217.

Ziena, H. M., Shamsia, S. M., Mahgoub, S. A., & Emara, M. A. (2019). Nutritious biscuits for celiac patients: Effect of different cereals and legumes blends. Alexandria Science Exchange Journal, vol. 40, n° AVRIL-JUIN, p. 340-346.

Zriouel, A. (2020). Évaluation de la Qualité Nutritionnelle et Repéragedes Troubles du Comportement Alimentaire chez des Enfants et Adolescents Coeliaques sous Régime sans

Gluten. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V, Faculté de médecine et de pharmacie Rabat. P 226.

Annexes

Annexe 01: Matériel et réactifs utilisé au laboratoire pour faire les analyses physico-chimiques.

1. **Humidité**



Figure 01: Balance analytique (5g de produit) **(Originale).**



Figure 02: Dessiccateur **(Originale).**



Figure 03: Étuve **(Originale).**

2. PH



Figure 04: Agitateur mécanique **(Originale).**

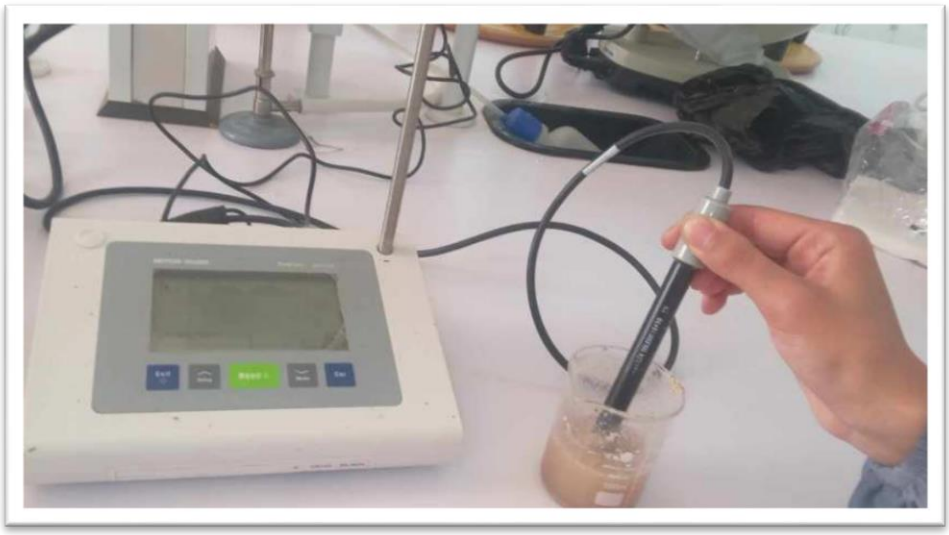


Figure 05: PH mètre **(Originale).**

3. Taux de cendre



Figure 06: Nacelles dans le dessiccateur **(Originale).**



Figure 07: Balance (4g de farine) **(Originale).**



Figure 08: Four à moufles **(Originale).**

4. Lipides totaux



Figure 09: Appareil de type Soxhlet **(Originale).**



Figure 10: Ballons contenant l'hexane **(Originale).**

5. Protéines totales



Figure 11: Distillateur **(Originale).**



Figure 12: Distillation.



Figure 13: Burette (Titration).

6. Réactifs:



Figure 14: Réactifs utilises **(Originale).**

Annexe 02: Fiche de dégustation du produit élaboré (biscuit).

Université Akli Mohand Oulhadj

Département SNV

Spécialité: Technologie agro-alimentaire et contrôle de qualité

Test de dégustation (Biscuit) 2024

Fiche de profil sensoriel du produit élaboré:

Age: ……. **Nom et prénom: …….**

Sexe: Homme ◯ **Femme** ◯

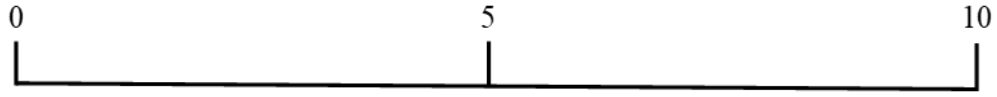
Comment trouvez-vous ce produit ?

Couleur:



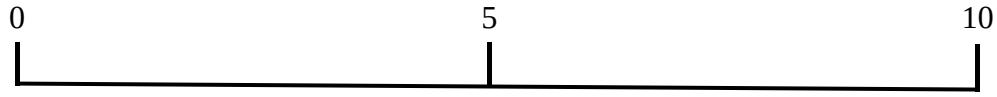
Mauvaise Acceptable Excellente

Odeur:



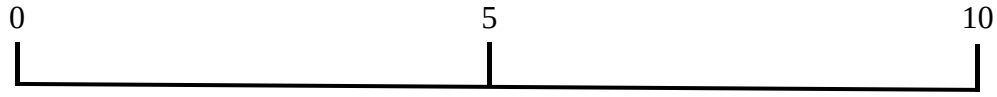
Désagréable Prononcée Agréable

Forme:



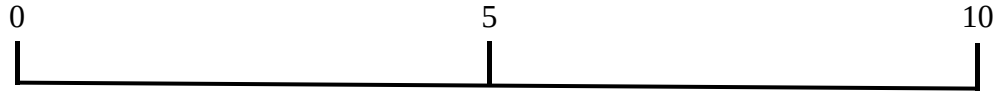
Déformé Acceptable Excellente

Goût:



Arrière-goût Moyen Excellent

Texteur:



Dure Acceptable Croustillante

Annexe 03: Évaluation de la qualité organoleptique de biscuit.

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

Dégustateurs	Couleur	Odeur	Forme	Goût	Texture
01	7	9	9	6	9
02	8	9	9	6	9
03	9	9	9	5	7
04	10	9	9	5	6
05	7	10	9	7	6
06	7	7	9	10	10
07	10	7	9	8	7
08	9	8	7	9	7
09	8	10	7	7	10
10	8	7	8	10	9
11	10	9	8	9	6
12	6	8	8	6	8
13	7	7	10	6	10
14	8	7	8	8	9
15	7	8	10	8	9
16	7	8	8	8	7
17	8	8	7	10	7
18	10	8	7	9	8
19	9	7	7	9	7
20	9	9	7	7	10
21	10	9	9	7	9
22	7	9	9	6	8
23	7	9	9	6	7
24	7	9	10	6	7
25	6	9	10	5	7
26	7	10	6	6	8
27	7	10	6	5	10

Tableau 01 (suite): Résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique de biscuit.

28	9	7	5	10	6
29	10	8	9	6	6
30	8	8	9	7	8
31	8	8	9	7	9
32	8	9	9	8	7
33	8	10	8	6	7
34	8	9	8	10	8
35	9	7	8	5	9
36	9	10	9	5	9
37	10	7	9	6	7
38	9	9	8	7	9
39	9	10	8	7	10
40	6	7	8	7	8
41	6	8	7	9	8
42	10	8	9	8	9
43	6	10	9	7	6
44	7	8	7	10	6
45	7	9	7	9	7
46	7	9	7	6	9
47	10	7	8	10	8
48	8	10	9	6	10
49	10	7	8	6	7
50	8	9	7	8	10

Annexe 04: Moyennes et écart types des farines étudies.

Tableau 01: Résultats des moyennes et écart types des farines étudies.

Paramètres	Farine de riz	Farine du caroube	Mélange des deux farines
Humidité	13,59 ± 0,06	8,13 ± 0,19	13,16 ± 0,09
PH	6,29 ± 0,16	5,21 ± 0,05	5,94 ± 0,11
Taux de cendre	0,34 ± 0,09	2,34 ± 0,08	1,03 ± 0,07
Lipides	0,89 ± 0,12	0,46 ± 0,04	0,92 ± 0,08
Protéines	7,43 ± 0,76	1,34 ± 0,06	6,44 ± 0,46

Résumé

Les personnes atteintes de la maladie cœliaque sont obligées de suivre un régime sans gluten, car c'est le seul moyen de traitement de cette pathologie auto-immune. Notre travail consiste à l'élaboration d'un biscuit sans gluten à base de farine de riz (80 %) et de farine de caroube (20 %) afin d'améliorer et de diversifier la situation alimentaire des malades cœliaques en Algérie.

Cette étude a permis de mettre en évidence une valorisation des variétés du caroube existantes en Algérie. Le choix des matières premières revient d'une part à leur richesse nutritionnelle et d'autre part au fait qu'elles soient exemptes du gluten.

Les analyses physico- chimiques effectuées montrent que les matières premières et le produit fini sont de bonne qualité, ainsi le biscuit préparé est présenté à un panel de dégustateur pour une analyse sensorielle, lui attribuant une meilleure caractéristique organoleptique.

Mot clé: Maladie cœliaque, Régime sans gluten, Farine de riz, Farine du caroube, Biscuit, Analyse physico-chimique et sensorielle.

Abstract

People suffering from celiac disease are obliged to follow a gluten-free diet, as this is the only means of treating this autoimmune pathology. Our work consists in the development of a gluten-free cookie based on rice flour (80 %) and carob flour (20 %) in order to improve and diversify the dietary situation of celiac patients in Algeria.

The study highlighted the value of existing carob varieties in Algeria. The choice of raw materials was based partly on their nutritional value and partly on the fact that they were gluten-free.

The physico-chemical analyses carried out show that the raw materials and the finished product are of good quality, so the prepared cookie is presented to a panel of tasters for a sensory analysis, awarding it a better organoleptic characteristic.

Key words: Celiac disease, Gluten-free diet, Rice flour, Carob flour, Biscuit, Physico-chemical and sensory analysis.

ملخص

إن الأشخاص الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية ملزمون باتباع نظام غذائي خالٍ من الغلوتين، حيث أن هذه هي الوسيلة الوحيدة لعلاج هذا المرض المناعي الذاتي. يتمثل عملنا في تطوير بسكويت خالي من الغلوتين يعتمد على دقيق الأرز (80 ٪) ودقيق الخروب (20 ٪) من أجل تحسين وتنويع الوضع الغذائي لمرضى الاضطرابات الهضمية في الجزائر.

أبرزت الدراسة قيمة أصناف الخروب الموجودة في الجزائر. استند اختيار المواد الخام على قيمتها الغذائية وحقيقة أنها خالية من الغلوتين.

أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية التي أجريت أن المواد الخام والمنتج النهائي ذات نوعية جيدة، لذلك تم عرض البسكويت المحضر على لجنة من المتذوقين لإجراء تحليل حسي، مما يمنحه خاصية حسية أفضل.

الكلمة الرئيسية: مرض السيلياك، النظام الغذائي الخالي من الغلوتين، دقيق الأرز، دقيق الخروب، البسكويت، التحليل الفيزيائي الكيميائي والحسي.