

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Département de Biochimie-Microbiologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie de la nutrition

Thème :

**Préparation traditionnelle d'une farine de riz et
essai d'élaboration d'un biscuit sans gluten
destiné aux malades cœliaques**

Présenté par :

M^{elle} KAOUANE Louiza

Examiné devant le jury:

Présidente : M^{me} BEDOUHENE-FENANE S. Grade : MCA

Promotrice : M^{me} ALMI D. Grade : MCB

Examineur : M^{me} SENANI-OULARBI N. Grade : MCB

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciement

Après avoir remercié et rendu grâce à Dieu le tout-puissant et le miséricordieux, pour m'avoir honoré par la lumière de la compréhension, et m'avoir fait goûter la connaissance des sciences.

Mes vifs remerciements vont à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce document, plus précisément:

Madame ALMI D., pour son encadrement, sa disponibilité, son écoute et ses précieux conseils qui m'ont aidé à perfectionner ce projet de fin d'études, que ce travail puisse lui traduire ma gratitude.

Le laboratoire « Ovolob », plus particulièrement madame AGUINI qui m'a ouvert les portes de son laboratoire et qui à ma disposition tout dont j'avais besoin pour accomplir ce modeste travail.

Au membre du jury, M^{me} BEDOUHENE-FENANE S. et M^{me} SENANI-OULARBI N. qui ont accepté d'examiner ce travail.

Au final, J'exprime ma gratitude pour tous les enseignants de la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'UMMTO, qui m'ont fourni tout le savoir nécessaire pour ma formation.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chers parents qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, qui m'ont chaleureusement encouragé tout au long de mon parcours scolaire et universitaire, pour leur affection, leur bienveillance, leur soutien moral et financier et la force qu'il me donne pour aller de l'avant, que ce travail soit en guise de reconnaissance.

Mes frères, Yanis et Samy ; ma sœur Sarah et ma belle-sœur Safia, qui n'ont pas cessé de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

Ma meilleure amie, Imene, qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance pour son indéfectible soutien, son aide inestimable. Elle a toujours su être à mes côtés et partagé avec moi tous les moments d'émotion. Aucun mot n'est susceptible d'exprimer mes profondes affections envers elle.

Tous mes camarades de la promotion biochimie de la nutrition avec qui j'ai partagé des moments joyeux.

Louiza

Liste des abréviations

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and agriculture organisation)

USDA : Département de l'Agriculture des États-Unis (United States Département of Agriculture)

AFNOR : Association française de normalisation

MC : Maladie cœliaque

HLA-DQ8 : Antigènes des leucocytes humains (Human Leukocyte Antigen)

CD4+: Cluster de différenciation 4

IFN γ : Interféron gamma

ISO : Organisation internationale de standardisation

Kcal : Kilo calorie

Kj : Kilo Joule

GH : Gluten humide

GS : Gluten sec

Liste des figures

Figure 01 : Images des différents types de riz.....	02
Figure 02 : Coupe longitudinale du grain de riz.....	04
Figure 03 : Images de certains biscuits.....	11
Figure 04 : Villosités du petit intestin.....	15
Figure 05 : Pathogénèse de la maladie cœliaque.....	16
Figure 06 : Le model d'Iceberg.....	17
Figure 07 : Grille d'évaluation du test descriptive du cookie.....	26
Figure 08: Grille d'évaluation du test d'acceptabilité du cookie.....	26
Figure 09 : Résultat du test descriptif de la couleur du biscuit préparé à la maison (cookie).....	30
Figure 10 : Résultat du test descriptif de l'odeur du biscuit préparé à la maison (cookie).....	30
Figure 11 : Résultat du test descriptif du goût du biscuit préparé à la maison (cookie)	31
Figure 12 : Résultat du test descriptif de l'arrière goût du biscuit préparé à la maison (cookie).....	31
Figure 13 : Résultat du test descriptif de la texture du biscuit préparé à la maison (cookie)	32
Figure 14 : Résultat du test d'acceptabilité du biscuit préparé à la maison (cookie).....	33

Liste des tableaux

Tableau I : Composition des différents riz.....	05
Tableau II : Comparaison de la composition nutritionnelle de la farine de riz blanc et la farine de riz brun	10
Tableau III : Origine et quantité des ingrédients ajoutés dans la fabrication du biscuit.....	24
Tableau IV : Résultats des analyses physico-chimiques de la farine de riz complet.....	27

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

Partie I : Synthèse des données bibliographiques

Chapitre I : Le riz

Généralités sur le riz	2
Marché mondial du riz	2
Formes de riz commercialisées	2
Types de riz usuels	3
Structure et composition biochimique du riz	3
Structure du grain de riz	3
Composition biochimiques du riz	4

Chapitre II : La farine de riz

Processus de transformation du riz	07
Transformation du riz	07
Processus de transformation du riz en farine	08
Caractéristiques physico-chimiques de la farine de riz	09
Caractéristiques organoleptiques de la farine de riz	10

Chapitre III : Les biscuits

Définition des biscuits	11
Classification des biscuits	11
Les ingrédients des biscuits et leurs effets	12
Les ingrédients primaires	12
Les autres ingrédients	12
Processus de fabrication des biscuits	13
Caractéristiques organoleptiques des biscuits	14

Chapitre IV : La maladie cœliaque

IV.1. Définition de la maladie	15
IV. 2. Pathogenèse de la maladie.....	15
IV. 3. Formes et symptômes de la maladie cœliaque	16
La forme classique.....	16
La forme atypique.....	16
La forme silencieuse ou asymptomatique.....	16
La forme latente.....	17
Définition du gluten et son impact sur la maladie cœliaque	17

Sommaire

Les prolamines	17
Les gluténines.....	18
Traitement de la maladie cœliaque.....	18

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre V : Matériel et méthodes

Objectif de cette étude.....	19
Matériel végétal	19
Nature et origine de la matière première	19
Préparation de la farine de riz	19
Analyse physico-chimique de la farine de riz.....	20
Détermination de la teneur en eau	20
Détermination du taux de gluten	20
Détermination de l'acidité grasse	21
Dosage des protéines	22
Dosage des glucides	23
Dosage des lipides	23
Détermination de la valeur énergétique de la farine de riz	24
Préparation du biscuit.....	24
Etapas de préparation du biscuit.....	25
La qualité sensorielle du biscuit	25

Chapitre VI: Résultats et discussion

Appréciation visuelle de la farine de riz.....	27
Analyses physico-chimiques de la farine de riz.....	27
Teneur en eau	27
L'acidité grasse	28
Taux de gluten.....	28
Taux de protéines	28
Taux de lipides	29
Taux de glucides.....	29
Valeur énergétique.....	29
Analyse sensorielle du biscuit	29
Test descriptif.....	29
Test d'acceptabilité.....	32

Conclusion	34
-------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

Introduction

L'alimentation fait partie de l'histoire de l'homme, elle est relativement liée à son existence. En premier lieu, il se nourrit pour subvenir aux besoins de son organisme, ensuite par plaisir qu'il essaye tous les jours de varier. Cependant, quelle est la solution quand cette alimentation devient un facteur de risque à cause de la survenue d'une maladie ?

La maladie cœliaque (MC) représente un problème de santé publique dans beaucoup de pays y compris aux États-Unis et en Europe (**LAGERQVIST *et al*, 2001**). Une prévalence très élevée a été décrite au Moyen Orient et également en Afrique du Nord (**HARIZ *et al*, 2007**). En Algérie, peu de données sont disponibles sur la fréquence de cette maladie. Elle reste, cependant, dangereuse, à cause de ses complications dues surtout à l'inobservance du régime alimentaire, très contraignant (**SAIDAL, 2010**).

Désagréments intestinaux, fatigue persistante, anémie, perte de poids sont les principaux symptômes de la MC. Cette maladie chronique, auto-immune de l'intestin est provoquée par la consommation du gluten. Pour que les malades cœliaques préservent leur santé, une seule solution : adopter à vie un régime sans gluten ; autrement dit, la suppression du blé ; de l'orge ; et du seigle. Cuisiner sans farine de blé constitue un casse-tête à première vue, mais de nombreuses solutions alternatives existent et permettent de retrouver le plaisir de cuisiner et de se régaler, tel que la farine de riz, maïs, pois chiche...

Par ailleurs, les produits diététiques du commerce destinés à cette tranche de population sont pour la plupart importés, onéreux, peu diversifiés, de texture et de goût peu appréciés (**BENATALLAH, 2009**). Avec l'essor de l'alimentation sans gluten et la recherche d'alternatives aux produits à base de blé, la farine de riz, obtenue par broyage des grains de riz connaît un succès croissant au point d'y devenir l'une des farines sans gluten préférées des consommateurs.

Ce présent travail a pour objectif de présenter un aliment diététique et nutritif sous forme de biscuit destiné aux malades cœliaques formulé à partir d'une farine de riz. Ainsi, la première partie de ce mémoire est consacrée à la description des données bibliographiques relatives à la maladie cœliaque, aux généralités sur le riz, sa transformation et à la technologie biscuitière. La seconde partie se focalisera sur la méthodologie. Les résultats obtenus sont comparés et discutés, et enfin une conclusion.

Partie I

Synthèse des données bibliographiques



Chapitre I
Le riz

Chapitre I : Le riz

Chapitre I : Le riz

Généralités sur le riz

Le riz est une graminée qui provient de l'espèce *Oryza sativa L.* Il est cultivé dans des rizières qui sont des sols recouverts d'eau appelés «riziculture irriguée». L'eau est amenée progressivement dans la rizière, au fur et à mesure de la croissance des plants pour immerger sur environ un tiers de leur hauteur totale jusqu'à ce que les grains soient bien formés.

Les deux principales sous espèces les plus cultivées sont : *japonica*, au feuillage vert foncé et à la dernière feuille retombante, donnant un riz collant à la cuisson et des grains arrondis tandis que les variétés *indica*, ont une dernière feuille plus dressée et donnent un riz sec à la cuisson et des grains allongés.

Le marché mondial du riz

Le riz fait partie des céréales les plus cultivées dans le monde et l'un des trois produits de base importants en termes de sécurité alimentaire (FADINHO *et al*, 2018). L'Asie est le premier continent producteur de riz, avec la Chine qui est classée au premier rang (CECILE, 2008). Selon les dernières statistiques publiées par la FAO (L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), la production mondiale du riz s'est élevée à 525,5 Millions de tonnes en 2022, ainsi sa disponibilité sur le marché mondial a été enregistrée à 717,7 Millions de tonnes.

Formes de riz commercialisées

Le riz blanc, privé de la cuticule et de son germe, ne contient presque que de l'amidon. À partir de sa récolte, le riz peut être commercialisé à plusieurs stades de transformation :

- ✓ Le **riz paddy** est à l'état brut, c'est un riz non décortiqué, qui a conservé sa balle après battage (**figure a, 01**).
- ✓ Le **riz brun**, ou **riz cargo**, ou **riz complet**, c'est un riz décortiqué dont seule la balle a été enlevée, le son et le germe sont toujours présents (**figure b, 01**)
- ✓ Le **riz blanc**, ou **riz usiné**, ou **riz blanchi**, dont le péricarpe et le germe ont été enlevés : il ne reste quasiment que les réserves amyliacées (**figure c, 01**)
- ✓ Le **riz étuvé**, est un riz blanc ou un riz cargo, soumis à un traitement thermique avant commercialisation pour éviter que les grains ne collent entre eux (**figure d, 01**)



Figure 01 : Images des différents types de riz

Chapitre I : Le riz

Types de riz usuels

Lors de sa commercialisation à des fins alimentaires, les différentes variétés de riz peuvent être classées selon deux critères : la taille du grain et son appartenance à un type de riz ayant des caractéristiques particulières.

Selon le comité du *Codex Alimentarius*, 1995, la classification usuelle du riz, suit la longueur de ses grains, et le rapport longueur/largeur:

- ✓ **Le riz long grain** : le grain doit mesurer au minimum 7 à 8 mm et il est plutôt fin. A la cuisson, les grains gonflent peu, leur forme est préservée et ils ne s'agglutinent quasiment pas.
- ✓ **Le riz à grain médium** : les grains sont plus larges que le riz à grain long, mesure entre 5 à 6 mm, il est légèrement plus collant.
- ✓ **Le riz à grain court**, riz rond, ou riz à grain ovale, dont les grains mesurent généralement 4 à 5 mm de long pour 2,5 mm de large. Ils collent souvent entre eux.

Cette classification s'accompagne aussi sur les critères plus gustatifs. On distingue souvent :

- ✓ **Le riz gluant asiatique** : dont les grains sont souvent longs ou moyens et s'agglutinent entre eux.
- ✓ **Le riz parfumé** : qui a une saveur particulière (basmati étant le plus connu en occident), ou encore le risotto (riz rond ou moyen).

Des cultivars sont utilisés dans certains pays pour obtenir différentes couleurs de riz, comme le rouge (Madagascar), jaune (Iran) et le violet (Laos).

Le riz est aussi classé en fonction du pourcentage de brisures (grains cassés lors des diverses étapes de l'usinage) qu'il contient :

- ✓ **Riz de qualité supérieur** : contenant au maximum 5 % de brisures ;
- ✓ **Riz de second choix** : contenant au maximum 50 % de brisures.

Les brisures sont séparées des autres grains et utilisées en nourritures pour les animaux, en flacons de riz, ou pour le brasage de la bière. La brisure écrasée devient de la farine de riz. Celle-ci est utilisée par les industries de céréales et de l'alimentation infantile et sert également à la fabrication de produits industriels.

Structure et composition biochimique du riz

Structure du grain de riz

Le grain de riz (riz paille ou paddy) consiste en une enveloppe protectrice la balle qui constitue environ 20 % du paddy et en un caryopse ou fruit (riz brun, riz cargo ou riz décortiqué) (**JULIANO et BECHTEL, 1985**). Le riz cargo comprend les couches externes du péricarpe, le tégument et le nucelle, ainsi que le germe ou l'embryon (tissu maternel) et l'albumen (l'endosperme) qui représente 90% du poids du composé de la couche subaleurone et la substance interne amyliacée. La couche à aleurone recouvre l'embryon. La pigmentation se limite au péricarpe (**Figure 02**).

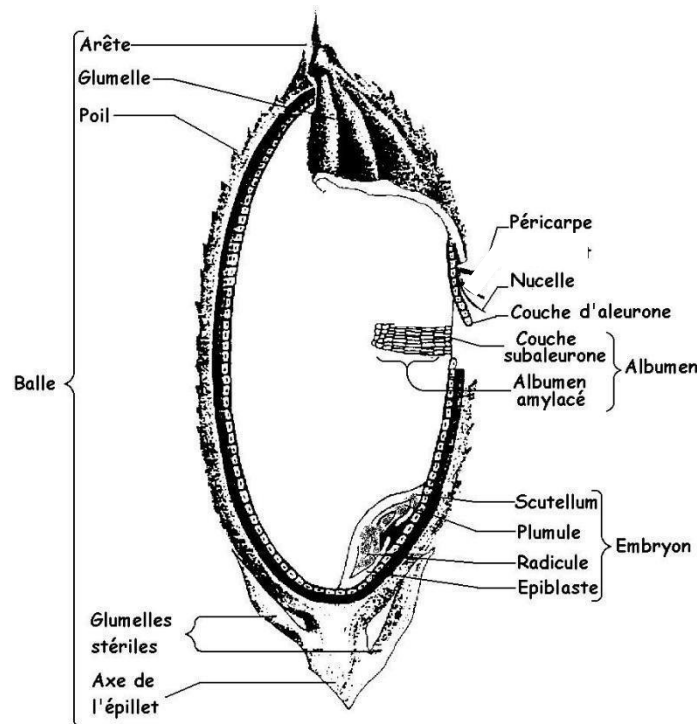


Figure 02 : Coupe longitudinale du grain de riz (JULIANO et BECHTEL, 1985).

Composition biochimique du riz

Les différentes étapes de l'usinage du riz entraînent une perte de lipides, de protéines, de fibres ainsi que des minéraux. En effet l'amidon est un constituant abondant dans le riz usiné.

➤ **L'amidon** : C'est le constituant majeur du riz usiné, il représente environ 90 % de l'extrait sec (ES), il se trouve dans l'albumen. C'est un polymère d'une chaîne linéaire d'amylase (liaison α (1-4)) et de ramification d'amylopectine (liaison (α (1-6))).

➤ **Les protéines** : Les protéines du riz sont d'un point de vue nutritionnel parmi celles qui sont les moins équilibrées chez les céréales avec une teneur en lysine élevée (facteur limitant pour les produits céréaliers) (JULIANO, 1994, LAIGNELET 1998).

Le riz se distingue des autres céréales par sa teneur élevée en glutélines (solubles dans les alcalis) et faibles en prolamines (solubles dans les alcools).

➤ **Les lipides** : Les lipides du riz représentent 20 % de l'ES. Les principaux acides gras de ces lipides sont : acides linoléique, oléique, et palmitique (acides gras insaturés). Ils se trouvent principalement au niveau du germe de et de l'assise protéique.

Chapitre I : Le riz

- **Les vitamines :** Le son de riz renferme beaucoup plus de vitamines que les autres fractions d'usinage (RAOILISON, 2014). Le riz est considéré comme une bonne source de vitamines, on retrouve les vitamines du groupe B (la thiamine B1, riboflavine B2, Niacine B3 et le tocophérol alpha), que l'on retrouve en grande partie dans la couche à aleurone et le germe d'où une perte vitaminique lors de l'usinage.
- **Les minéraux :** Les minéraux sont concentrés dans les couches extérieures du riz cargo ou dans la fraction constituée par le son. Dans le riz cargo, les minéraux sont répartis à raison de 52 % dans le son, 10 % dans le germe, 10 % dans les résidus de polissage et 28 % dans la fraction correspondant au riz usiné avec une distribution identique pour le fer, le phosphore et le potassium. Le riz usiné retient 63 % du sodium, 74 % du calcium et 83 % de la teneur en azote (JULIANO, 1985).

Tableau I : Composition des différents riz (CHANPAGNE, 1972)

Nutriment	Riz paddy	Riz cargo	Riz blanchi
Protéines (g/100g)	5,8 – 7,7	4,3 – 18,2	4,5 – 10,5
Matière grasse (g/100g)	1,5 – 2,3	1.6- 2,8	0,3 – 0.5
Amidon (g/100g)	53,4	66,4	77,6

A top-down photograph of a white ceramic bowl filled with fine white rice flour. The bowl is surrounded by whole, uncooked rice grains. Several wooden spoons and a wooden pestle are scattered around the bowl, suggesting a traditional or artisanal process. The background is a dark, textured surface.

Chapitre II

La farine de riz

Chapitre II : La farine de riz

Chapitre II : La farine de riz

Processus de transformation du riz

Différents procédés peuvent être utilisés pour transformer les grains de riz en d'autres produits dérivés. La connaissance de la structure du grain est capitale pour comprendre le choix des procédés utilisés en matière de transformation du riz. A la récolte, le riz est une céréale vêtue appelée paddy où le grain (ou caryopse) est encore entouré de ses glumes. Sa transformation nécessite d'abord une élimination de ces enveloppes extérieures (ou balles) pour récupérer le riz brun (appelé aussi riz cargo), puis une usure du péricarpe et du germe pour obtenir le riz blanc, forme sous laquelle, il est le plus souvent consommé (CRUZ, 1999).

Transformation secondaire du riz

L'étuvage est un procédé de transformation au cours duquel le paddy est trempé dans de l'eau chaude, pour ensuite être séché et décortiqué. Ce procédé est pratiqué dans certains pays de l'Afrique de l'Ouest pour ses nombreux avantages :

- La valeur nutritive du riz étuvé est supérieure, car pendant l'étuvage une partie des vitamines et des sels minéraux diffuse dans l'albumen et ne sera pas éliminée avec le son ;
- Le riz étuvé donne de meilleurs résultats à la cuisson car il gonfle bien, absorbe plus d'eau sans devenir collant et il perd moins de nutriment lors de la cuisson, ce qui est une qualité supplémentaire sur le plan nutritionnel.

En raison des avantages de l'étuvage, il est indispensable d'encourager cette opération.

Les opérations impliquées dans le processus de l'étuvage comprennent : le nettoyage, le lavage du paddy, l'égouttage, l'étuvage, le séchage et le décorticage (ASIEDU *et al*, 2011). Chacune de ces étapes a un effet direct sur la qualité du produit fini

- **Le lavage** : Il est indispensable pour enlever les pailles, les grains mal formés et immatures, la boue et tout autre contaminant externe. Cette opération confère au paddy le niveau d'hydratation convenant à un étuvage correct. Le lavage a lieu dans de grands récipients.
- **Le trempage** : Il s'agit de l'immersion totale du paddy lavé dans de l'eau. Il est généralement trempé dans de l'eau fraîche mise à chauffer pour obtenir une température comprise entre 70 et 90°C. Une fois cette température atteinte, le feu est éteint et on laisse le paddy trempé pendant 12 à 16 heures.
- **L'étuvage** : C'est une étape importante au cours de laquelle la plupart des nutriments du riz migrent du son vers le grain, elle consiste à étuver le paddy trempé jusqu'à ce que la gélatinisation ait lieu. La gélatinisation optimale peut être constatée quand les coques de la plupart des grains se fendent et s'ouvrent. Au cours de cette dernière, les fissures internes des grains, dues au séchage excessif ou produites au cours de la moisson ou d'autres procédés, sont bouchées.

Chapitre II : La farine de riz

➤ **Le séchage** : C'est la réduction de la teneur en eau du paddy étuvé. Le riz étuvé est séché le plus souvent au soleil, il n'est séché mécaniquement que dans les grandes sociétés de production de riz. L'humidité moyenne du paddy étuvé est supérieure à 30 %. De ce fait, le séchage est une étape qui permet de diminuer progressivement la teneur en eau jusqu'à 14 à 12% environ, ce qui permet d'effectuer une bonne mouture.

➤ **La mouture** : C'est une opération technique qui implique le décorticage et le polissage. Le décorticage consiste à enlever les coques du paddy en prenant soin de ne pas endommager les grains en vue d'obtenir un « riz doré ». Quant au polissage lui il consiste à enlever le son, ce qui blanchit le grain. En enlevant la couche subaleurone, le polissage permet d'obtenir un grain présentant un bon aspect visuel.

La mouture combine toutes sortes d'équipements mécaniques permettant de retirer les enveloppes, les couches externes et les germes des grains de riz. Elle est réalisée par des procédés de friction et d'abrasion. La friction entre les grains permet de briser les coques. Au cours de l'abrasion, le grain est frotté contre une surface rugueuse pour être débarrassé du son.

➤ **Conditionnement et emballage** : C'est la mise dans un emballage en vue de sa commercialisation.

Processus de transformation du riz en farine

La farine de riz est obtenue par un processus de broyage par voie humide est dont la taille des particules de la farine de riz est minuscule et uniforme. Donc, pour fabriquer de la farine de riz de haute qualité, le moulin à broches, construit avec un tamis, est utilisé pour moulin à faible température les grains de riz (SUNJIN *et al*, 2012). Comme on trouve des méthodes plus économiques telles que la méthode traditionnelle. Il existe plusieurs types de farines de riz :

- La farine de riz blanc, la plus fine et légère ;
- La farine de riz semi-complet ;
- La farine de riz complet, aussi appelé riz brun ou riz cargo, la plus riche sur le plan nutritionnel, mais aussi la plus savoureuse.

➤ La méthode traditionnelle

Cette méthode consiste à broyer les grains de riz manuellement, elle se résume aux étapes suivantes (CRUZ *et al*, 2019) :

- **Mouillage, égouttage et séchage** : Après la transformation primaire du riz, les grains obtenus vont être pesés à l'aide d'une balance afin de déterminer la masse à utiliser pour les prochaines étapes. Par la suite, ils seront plongés dans de l'eau pendant 30 min, puis ils seront placés dans un filtre afin de les égouttés pour enlever le surplus d'eau. Une fois finis, il faudra les récupérer et les placés dans un endroit ensoleillé pendant 10 min ce qui vapermettre de diminuer la teneur en eau et facilitera l'opération suivante.

- **Pilonnage et tamisage de farine du riz** : Les grains humides obtenus après le séchage au soleil seront pilonnés manuellement à l'aide d'un mortier en bois et d'un pilon en bois. Les grains moulus seront tamisés à l'aide d'un tamis en plastique de maille très petite. Le

Chapitre II : La farine de riz

tamissage est réalisé en effectuant un mouvement oscillatoire des mains. Cette opération a pour objectif d'enlever les grosses particules et d'avoir une farine ayant une granulométrie uniforme puis récupérer la farine dans un récipient sec et propre.

- **Séchage de la farine** : Après le tamissage, la farine sera éparpillée uniformément dans un endroit propre et ensoleillé pour réduire sa teneur en eau pendant 3 jours.

➤ La méthode industrielle

Il existe également la méthode industrielle qui est plus d'actualité, elle donne un meilleur rendement, dans ce cas le riz passe par les étapes suivantes (**BERGERT *et al*, 1989**) :

- **Séchage et décortilage** : Contrairement à la méthode traditionnelle, ce séchage peut durer de 3 à 8 heures, il s'effectue sur des nattes, sur des aires de séchage en ciment ou dans des séchoirs solaires, selon les conditions climatiques. On peut également utiliser des séchoirs électriques.

Les grains séchés sont ensuite décortiqués, cette opération consiste à débarrasser le grain de son enveloppe (péricarpe) ainsi qu'une partie du germe. Le germe est riche en matières grasses qui provoquent le rancissement de la farine. La qualité du décortilage conditionne la qualité de la farine obtenue après la mouture. La qualité nutritionnelle des grains décortiqués varie selon les procédés employés.

- **La mouture** : Avant la mouture, le riz est pesé pour le mettre dans un moulin à meules qui permet de broyer les grains entre deux surfaces abrasives. Le réglage de l'écartement des meules détermine la finesse de la farine. Plus les meules sont rapprochées, plus la farine est fine et le débit est faible. Ou bien dans des broyeurs à marteaux qui ont pour principe de pulvériser les grains en les projetant à grande vitesse contre la chambre de broyage. Après le broyage, il est nécessaire de contrôler la granulométrie de cette farine par un tamis qui va permettre d'avoir un produit fini uniforme. La farine est ensuite mise à refroidir dans des bassines couvertes.

➤ Conditionnement de la farine

Il est recommandé de conserver la farine dans des sacs en polyéthylène. Les sachets en papier sont déconseillés à cause des risques liés à l'humidité, et de les garder dans un endroit sec.

Caractéristiques physico-chimiques de la farine

➤ **La teneur en eau** : L'humidité ou teneur en eau est avant tout une valeur réglementaire permettant de garantir la conservation et d'éviter les altérations de la farine. Elle est fixée à une valeur maximale de 15 % (NA.1132-2008/ISO 712).

➤ **La teneur en cendres** : Les cendres correspondent au résidu restant après l'incinération de la matière organique dans les aliments (**NAMOUS, 2013**). La détermination du taux de cette matière, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, donnent une indication sur le taux d'extraction pour le meunier (NA 733.7 1991/ ISO 2171).

Chapitre II : La farine de riz

➤ **Taux de protéines** : Ce taux correspond aux protéines totales présentes dans la farine de riz. Il détermine la qualité technologique et nutritionnelle (SAMSON *et* AUTRAN, 1997).

➤ **Acidité grasse** : Acidité grasse expression conventionnelle des acides, essentiellement des acides gras libres. Elle est exprimée en gramme d'acides sulfuriques pour 100g de matière sèche (ADRIAN *et al*, 1998).

L'acidité d'une farine nous renseigne sur les conditions de conservation, un accroissement de l'acidité du milieu signifie une dégradation enzymatique des lipides due au mauvais conditionnement.

➤ **La matière grasse** : La présence de matière grasse influe sur le mécanisme protéique de la farine : plus la farine contient des lipides moins sa force boulangère est importante. Un excès de matière grasse dans la farine peut avoir de sévères conséquences sur sa conservation cela est dû à l'hydrolyse des lipides ce qui entraîne l'acidification de la farine par la libération des acides gras libres (JEANT *et al*, 2007).

Le tableau ci-dessous représente la composition moyenne des farines de riz blanc et complet (riz brun).

Tableau II : Comparaison de la composition nutritionnelle de la farine de riz blanc et brun- United States Department of Agriculture (USDA, 2015)

Composition (g /100g)	Farine de riz blanc	Farine de riz brun
Calories (kcal/100g)	366	363
Eau	11,89	11,97
Protéines	5,95	7,23
Lipides	1,42	2,78
Glucides	80,13	86,48

Caractéristiques organoleptiques

La farine de riz se caractérise avec sa finesse ce qui lui donne une légèreté. D'une couleur blanchâtre pour la farine de riz blanc et possède un gout assez neutre. Cependant, la farine de riz brun tire un peu vers la couleur beige et possède un léger goût de noisette.



*Chapitre
III*

Les biscuits

Chapitre III : Les biscuits

Chapitre III: Les biscuits

Définition des biscuits

Les origines des biscuits remontent à plusieurs milliers d'années, lorsque la bouillie de céréales devenue galette, premier aliment condensé susceptible d'être conservé (ZHOU, 2014).

Le mot biscuit est dérivé du Latin « *panis biscotus* » qui signifie le « pain cuit deux fois ». C'est parce que le processus original consistait à cuire les biscuits dans un four chaud puis à sécher dans un autre à température plus basse. La première cuisson c'est pour définir la forme du biscuit, puis une deuxième pour réduire la teneur en humidité (SERREM, 2010; ZHOU, 2014).

Le biscuit est préparé essentiellement à partir d'un ou plusieurs produits céréaliers moulus tels que le blé, le riz, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs. Il peut aussi contenir des légumineuses, des racines amylacées, des tiges amylacées ou des graines d'oléagineux en faible proportion. En outre, il est à base de matière sucrante, de matière grasse, et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois (KIGER, 2014).

Classification des biscuits

Vu la grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications des biscuits, leur classification se base alors sur la consistance de la pâte, dont on distingue :

- Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs : casse-croûte, sablés, petit beurre (figure a, 03).
- Les pâtes molles s'adressent aux pâtisseries industrielles telles que les génoises, madeleines et les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses (figure b, 03).
- Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses (figure c, 03). Ce sont les pâtes à gaufrettes (KIGER *et al*, 1967).

La figure suivante représente quelques modèles de biscuits :



Figure 03 : Images des certains biscuits.

Chapitre III : Les biscuits

Les ingrédients des biscuits et leurs effets

Les ingrédients primaires

➤ **La farine** : La farine de blé tendre est l'ingrédient principal de la majorité des biscuits. C'est le produit élaboré à partir des grains de blé ordinaire (CODEX STAN 152-1985), mais pour des fins diététiques des farines sans gluten sont encore utilisées. L'utilisation très répandue de la farine dans la préparation de la pâte des biscuits est liée à sa capacité à retenir le gaz, quand elle est mélangée avec de l'eau, ses composants protéiques forment un réseau élastique capable de piéger les gaz et de développer une structure ferme et mietteuse pendant la cuisson (ABDEL-AAL, 2009).

➤ **La matière grasse** : Elle peut être soit liquide (huile), soit semi-solide à des températures ambiantes (beurre, margarine). Sur le plan organoleptique, le corps gras communique au produit, lorsque celui-ci ne contient aucun parfum surajouté, sa saveur et son arôme. En outre, il faut rappeler la grande valeur alimentaire des corps gras tant au point de vue source de vitamines que de calories, dont l'apport au mélange sucre-farine fait que les biscuits sont des produits nutritionnellement bien équilibrés. Tant dit que sur le plan technologique, elle accroît la plasticité de la pâte, ce qui se traduit par une diminution de sa consistance sans qu'il soit nécessaire d'ajouter de l'eau supplémentaire (KIGER *et al*, 1967).

➤ **Le sucre** : Il joue un rôle important dans le processus de cuisson. En plus de la douceur, il ajoute aussi de la texture, de la couleur, et agit comme un conservateur. Selon le niveau et le type, le sucre influe les différents paramètres rhéologiques de la pâte à biscuit. Le sucre inhibe le développement du gluten pendant le pétrissage de la pâte en concurrence avec la farine pour l'eau de la recette (MAMAT *et HILL*, 2018).

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

Les autres ingrédients

➤ **L'œuf** : Les œufs contribuent dans l'appréciation des propriétés fonctionnelles intéressantes, améliorant la couleur et l'apparence du produit final (CASAS *et al*, 2015).

➤ **Le lait** : Il peut remplacer l'eau dans certaines recettes. Il mouille la pâte, améliore la structure et la texture de la pâte, stimule la saveur acquise aux biscuits, accélère leur cuisson, et donne une couleur marquée.

➤ **La levure chimique** : Elle joue un rôle dans l'expansion de son volume qui revient au dégagement de vapeur (vapeur d'H₂O) et la production de CO₂. Lorsque le CO₂ est libéré avant la cuisson, les cellules à gaz gonflées diffusent à travers la pâte et sont perdus à la surface (THIBAUT *et al*, 2019).

➤ **Les aromatisants** : Ils sont généralement ajoutés pour améliorer la saveur du biscuit et donner plus de gourmandise, tel que des épices, vanille, chocolat, fruits secs,...

Chapitre III : Les biscuits

Processus de fabrication des biscuits

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

➤ **Le mixage**

Il consiste à mélanger les ingrédients et les homogénéisés, afin d'obtenir une pâte dont la consistance permet la mise en forme du biscuit.

➤ **Le pétrissage**

Le pétrissage est une opération qui va aboutir à la formation d'un produit viscoélastique à partir de deux constituants : eau et farine. Il oblige l'eau à envelopper tout d'abord chaque particule de 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 aux parois de la cuve du pétrin et elle devient lisse, sèche et élastique (SHARMA, 2011), Cependant un pétrissage excessif peut altérer la pâte.

➤ **Le façonnage**

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

- Pour des pâtes mi-dures et sablées, nous utilisons une rotative : la pâte passe entre 2 cylindres, dont un interchangeable et muni d'empreintes à la forme du biscuit à obtenir ou à l'aide d'un emporte pièce pour les méthodes artisanales.

- Pour des pâtes molles et riches en MG une coupeuse à fil est utilisée.

- Pour les pâtes très onctueuses ou presque liquides on utilise la dresseuse et la doseuse.

A la fin de cette étape les biscuits sont déposés sur des plaques pâtissières afin d'être acheminés jusqu'au four pour l'étape suivante : la cuisson.

➤ **La cuisson**

La cuisson est une étape complexe au cours de laquelle a lieu une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques (LASSOUED-OUALDI, 2005 ; NDANGUI, 2015). La cuisson a une importance primordiale, car c'est d'elle que dépendent le goût, l'aspect définitif et la bonne conservation des biscuits fabriqués. Elle doit être minutieusement surveillée : sa direction est confiée au pâtissier. Elle dure en moyenne entre 6 et 20 minutes en fonction de l'épaisseur ou de la composition des biscuits.

➤ **Le refroidissement**

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre, pendant quelque minute, des ventilateurs sont utilisés pour éliminer l'humidité.

➤ **Le conditionnement**

Il existe différents types d'emballages qui sont utilisés pour la conservation des biscuits comme : le carton, aluminium et plastique, sous forme de barquettes ; cylindrique et rectangulaire (DUGOURD, 2009).

Chapitre III : Les biscuits

Les caractères organoleptiques du biscuit

Les biscuits doivent satisfaire les attentes des consommateurs concernant la forme, la couleur, la texture et le goût (**THARRAULT, 1997**). Ces caractères sont liés fortement aux ingrédients utilisés et les conditions de préparation.



Chapitre IV

La maladie cœliaque et le gluten

Chapitre VI : La maladie cœliaque et le gluten

Chapitre VI : La maladie cœliaque et le gluten

Définition de la maladie

Le mot *cœliaque* signifie littéralement l'abdomen. Tandis que la maladie cœliaque (MC), ou intolérance au gluten est une maladie chronique immunomédiée secondaire à l'ingestion du gluten, elle se développe chez les personnes génétiquement prédisposées (JOUBERT, 2018)

La MC est comprise entre l'auto-immunité et le désordre génétique, il s'agit d'une réponse immunitaire à certains peptides du gluten. Elle se traduit par une atrophie de la muqueuse du grêle proximal, régressive après exclusion alimentaire du gluten de blé et des prolamines équivalentes des autres céréales réputées toxiques : seigle et orge (CLOT *et al*, 2001 ; MOUTERDE *et al*, 2008).

Pathogenèse de la maladie

La MC détruit les villosités de la muqueuse de l'intestin grêle, qui servent à augmenter la surface d'absorption des aliments, ce qui entraîne une atrophie villositaire. Elle apparaît sur l'image A de la **figure 04**, comparativement à des villosités revenues à la normale après une diète sans gluten, sur l'image B.

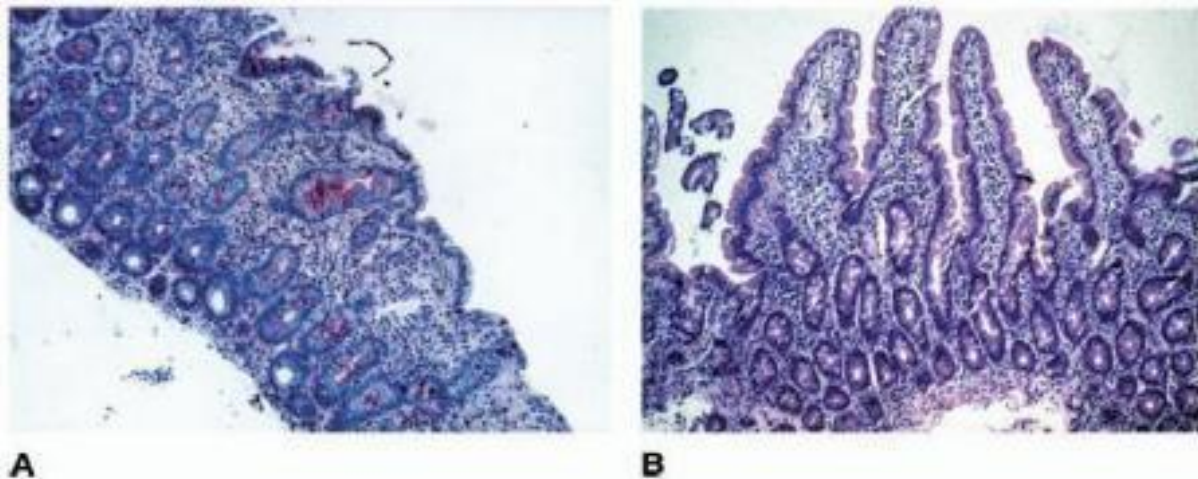


Figure 04 : Villosités du petit intestin (MEARIN, 2007).

La pathogenèse de la MC se résume aux étapes suivantes (**figure 05**) :

- Chez des individus génétiquement prédisposés HLA-DQ2 ou DQ8 (Human Leucocyte Antigen), les résidus glutamines de la gliadine ingérée sont convertis en glutamates sous l'effet de la transglutaminase tissulaire ;
- La gliadine modifiée est prise en charge par les cellules présentatrices de l'antigène (porteuses des molécules HLA-DQ2) et active des cellules T CD4+ (lymphocytes) spécifiques du gluten ;
- Ces cellules produisent de l'interféron g (IFN γ) et de l'interleukine 21 (IL-21) et aident à générer des réponses anticorps spécifiques du gluten et de la transglutaminase ;
- L'IFN γ et l'IL-21 induisent une production massive d'IL-15 ;

Chapitre VI : La maladie cœliaque et le gluten

- L'IL-15 active les lymphocytes intraépithéliaux qui tuent les cellules épithéliales. La destruction des cellules épithéliales conduit à l'atrophie des villosités intestinales (GODAT *et al*, 2013).

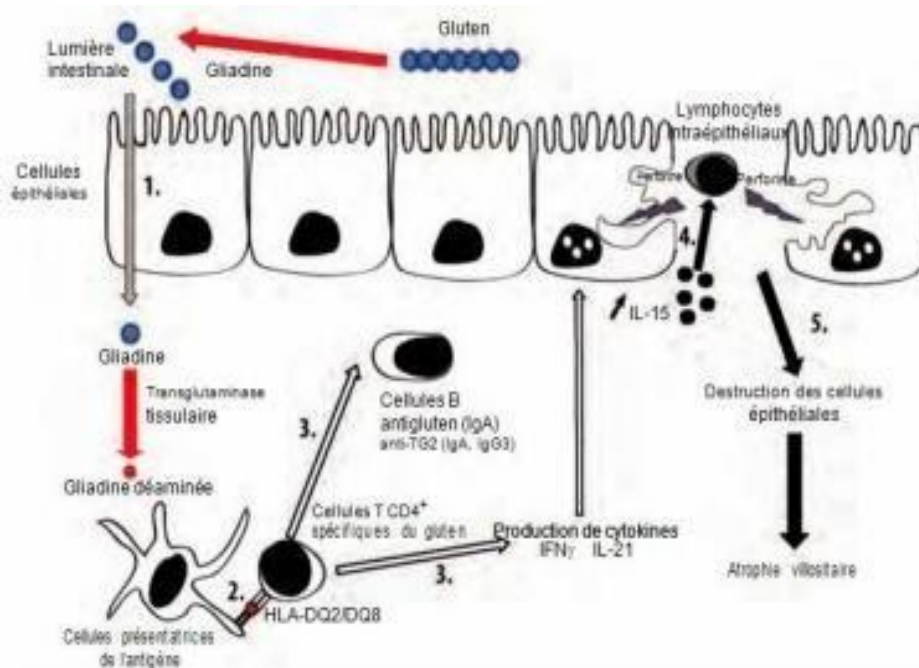


Figure 05 : Pathogénèse de la maladie cœliaque (MERESSE *et al*, 2012)

Formes et symptômes de la MC

La MC peut apparaître à tout âge sous différentes formes (MALAMUT *et* CELLIER 2010).

La forme classique

Elle débute entre 6 et 18 mois, chez la population pédiatrique, juste après les mois suivant l'introduction du régime avec gluten ; elle se présente par un syndrome de mal absorption, diarrhée chronique, anorexie, ballonnement abdominal, stagnation pondérale, ou une perte de poids.

La forme atypique

Elle se développe plus tard dans la vie chez les enfants plus âgés et les adultes ; elle est caractérisée par des symptômes gastro-intestinaux, tel que de simples ballonnements abdominaux, petite taille, retard de puberté.

La forme silencieuse ou asymptomatique

Elle rend le diagnostique difficile, c'est une découverte fortuite d'une sérologie ou histologie compatible avec une MC chez un patient asymptomatique.

Chapitre VI : La maladie cœliaque et le gluten

La forme latente

Le développement est observé avec une biopsie/sérologie. Chez ces sujets les symptômes peuvent progressivement accompagnés de lésions intestinales, signant le passage à la forme active de la maladie.

La figure 06 représente le modèle d'Iceberg qui résume les différentes formes de la maladie chez les sujets symptomatiques.

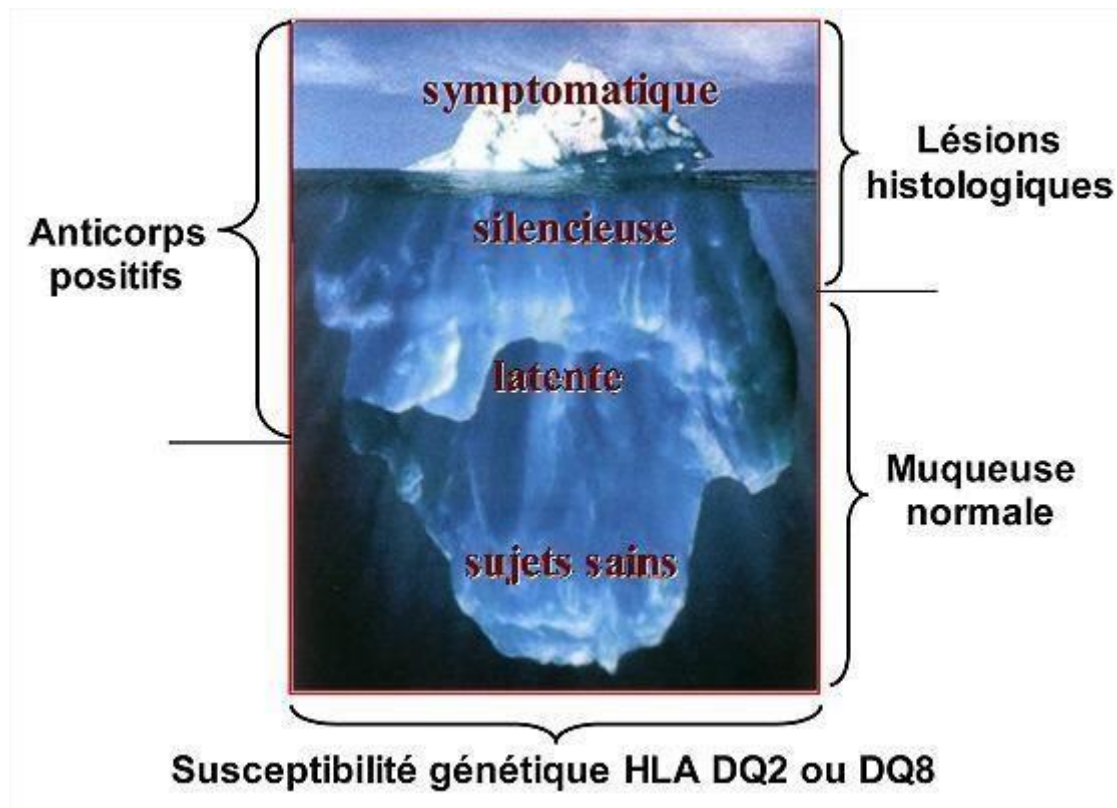


Figure 06 : Le model d'Iceberg (Ferguson *et al*, 1993).

Définition du gluten et son impact sur la maladie cœliaque

Le gluten est une protéine visqueuse qui reste dans la farine après qu'on en ait ôté l'amidon (STERN *et al*, 2001), il est ainsi un mélange complexe de certaines protéines retrouvées dans les céréales ; principalement la gliandine et les prolamines, ces deux dernières sont des protéines solubles dans l'eau et extractibles dans l'éthanol aqueux. Le gluten se divise en deux groupes : les prolamines et le gluténines.

Les prolamines

Elles sont la source de la MC, les plus toxiques se retrouvent dans le blé, le seigle, l'orge et le maïs, de petit poids moléculaire. Elles apportent de la viscosité et l'extensibilité à la pâte. En forte proportion, elles empêchent la protéolyse complète du gluten par les enzymes gastriques et pancréatiques.

Chapitre VI : La maladie cœliaque et le gluten

Les gluténines

Les glutamines sont des protéines agrégées solubles dans les solutés basiques, de haut poids moléculaires. Elles apportent l'élasticité à la pâte du pain et sont moins toxiques.

Traitement de la maladie cœliaque

Le seul traitement efficace pour prévenir les complications graves de la MC, est d'exclure toute source de gluten de son alimentation, c'est-à-dire faire un régime 100% diététique. Une prise en charge spécialisée en diététique est essentielle dans l'éducation et le suivi.

Ce régime expose les malades à des risques de carences alimentaires, comme le manque en fer, magnésium, calcium, et les vitamines, donc il est conseillé de faire des contrôles biologiques réguliers ainsi qu'une supplémentation vitaminique (A, B, D, E, K) et en calcium sont fréquemment nécessaire.

Afin d'adapter un bon régime sans gluten il est recommandé :

- ✓ Exclure les aliments contenant du blé, du seigle et de l'orge. Ces céréales seront remplacées par d'autres sans gluten : l'avoine, le riz, le maïs, le millet, le sarrasin, ainsi que par des farines à base de pommes de terre, de soja, lentilles, pois, tapioca, châtaignes ;
- ✓ Supprimer toutes les sortes de pains, biscuits, gâteaux, pâtisseries, qui ne sont pas faits avec des farines sans gluten. Les aliments pouvant contenir des farines avec gluten, tels que les sauces préparées à la farine (béchamel), les crêpes, les soufflés avec farine ;
- ✓ Eliminer les diverses sortes de pâtes, raviolis, semoules ordinaires, les farines habituelles, germes de blé, produits pour nourrissons contenant l'une de ces trois céréales ;
- ✓ Il est conseillé en règle générale, de donner autant que possible une alimentation naturelle, préparée à la maison avec des denrées connues, sans gluten ;
- ✓ Lire chaque composition des aliments, médicaments et produits consommables ;
- ✓ Limiter les produits laitiers au début du régime sans gluten et définitivement s'il existe une intolérance au lactose.

Le régime sans gluten est un traitement curatif mais également lourd pour le patient. Une prise en charge nutritionnelle et l'aide d'associations spécialisées permettent d'améliorer l'adhérence au régime. Néanmoins, les cas de non réponse au régime existent et ne doivent pas être sous-estimés.

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre V

Matériel et méthodes

Chapitre V : Matériel et méthodes

Chapitre V : Matériel et méthodes

Lieu du stage

La présente étude a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse agroalimentaire « OVOLAB », Nouvelle Ville, Tizi-Ouzou. Le laboratoire est spécialisé dans les analyses physico-chimiques et microbiologiques des aliments.

Objectif de cette étude

Ce travail a pour but, de formuler une recette de biscuit sans gluten à base de farine de riz complet (brun) destiné aux malades cœliaque.

Le choix de farine revient, d'une part à la richesse nutritionnelle du riz complet et d'une autre part pour le fait qu'elle soit dépourvue de gluten, donc autorisée à un régime sans gluten.

Afin de caractériser la qualité du biscuit, nous avons procédé par l'analyse des paramètres physico-chimiques d'une farine de riz brun, dans le but est de réaliser un biscuit sans gluten et enfin le soumettre à une analyse sensorielle.

La méthodologie de recherche c'est déroulée comme suit :

- Préparation d'une farine à partir d'un riz complet ;
- Analyse des paramètres physico-chimiques de la farine au niveau du laboratoire « OVOLAB » ;
- Préparation d'un biscuit sans gluten maison ;
- Analyse sensorielle du biscuit préparé par des sujets naïfs.

Matériel végétal

Nature et origine de la matière première

Dans cette étude nous avons utilisés un riz brun, importé de l'Inde et commercialisé en vrac dans les grandes surfaces.

Préparation de la farine

- Laver les grains de riz à l'eau pure et les égouttées ;
- Etaler sur une plaque allant au four, puis laisser sécher pendant 1h à 100 °C ;
- Laisser les grains de riz refroidir, puis les verser délicatement dans le moulin ;
- Récupérer la poudre et tamiser à l'aide d'un tamis de 200 µm de maillage ;
- Remettre au moulin les grains qui restent sur le tamis ;
- Transférer la farine de riz dans un récipient hermétique.

Chapitre V : Matériel et méthodes

Analyse physico-chimique de la farine de riz

Détermination de la teneur en eau

- **Principe**

La teneur en eau des farines est déterminée par séchage dans une étuve réglée à 103°C pendant 1 h 30 min sur 5 g de produit (Norme ISO721-1979).

- **Mode opératoire**

- Laver le bécher avec de l'eau distillée, puis le sécher à l'étuve durant 15 min à 103 °C ;
- Refroidir le bécher dans le dessiccateur 30 à 45 min ;
- Peser le bécher vide sur une balance analytique ;
- Peser dans le bécher 5 g de farine de riz ;
- Introduire le bécher contenant la prise d'essai dans une étuve réglée à 103 °C, laisser séjourner 1 h 30 min ;
- Retirer rapidement le bécher de l'étuve et le placer dans le dessiccateur pendant 30 à 45 min pour refroidir, ensuite le peser.

- **Expression des résultats**

$$H\% = (M_1 - M_2) / (M_1 - M_0) \times 100 \text{ W } \%$$

H% : Teneur en eau;

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.

Détermination du taux de gluten

- **Principe**

La détermination du taux de gluten se fait par un malaxage mécanique en faisant un lavage de la farine de riz mélangée à une solution d'eau salée (2 %).

- **Mode opératoire**

- Peser 10 g de farine et la mettre dans un récipient contenant 5ml d'une solution d'eau salée(2 %) ;
- Pétrir afin d'obtenir un pâton homogène qui ne colle pas sur les parois du récipient ;
- Malaxer le pâton entre les doigts sous un filet d'eau du robinet de façon discontinue ce qui éliminera l'amidon et les protéines solubles ;
- S'arrêter quand l'eau qui coule devient transparente, puis comprimer le pâton restant entre les paumes des mains, et le peser. Celui-ci correspond au gluten humide (GH) ;
- Mettre le pâton du GH obtenu entre deux plaques chauffantes pendant 5 s, puis peser. Cette fraction correspond au gluten sec (GS).

Chapitre V : Matériel et méthodes

- **Expression des résultats**

La teneur en gluten est exprimée en pourcentage de la fraction massique de l'échantillon initial.

$$\text{GH}\% = \frac{P_1}{P_0} \times 100$$

$$\text{GS}\% = \frac{P_2}{P_0} \times 100$$

P₀: Poids de la prise d'essai.

P₁: Poids du GH

P₂: Poids du GS

NB : Le résultat est arrondi à la décimale

L'acidité grasse

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

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

- **Expression des résultats**

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

$$\text{Acidité (\%)} = \frac{7,35 \times (V_1 - V_2) \times V}{P_e - H}$$

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

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

P_e : Masse, en grammes, de la prise d'essai ;

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

Chapitre V : Matériel et méthodes

H : Teneur en eau, en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai ;
7,35 : Coefficient de conversion en acidité grasse.

Dosage des protéines

• Principe

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

• Mode opératoire

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

• Expression des résultats

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

$$N = \frac{A \times V}{P_e} \times 100$$

A : La quantité d'azote en gramme neutralisé par 1ml d' H₂SO₄ (0,0014) ;

P_e : La prise d'essai ;

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

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

$$\text{Protéines (\%)} = N (\%) \times 6,25$$

Chapitre V : Matériel et méthodes

6,25 : Facteur de conversion c'est le taux moyen d'azote des protéines (16 g d'N/100 g de protéines) ;

N (%) : Pourcentage d'azote total (SAADOUDI, 2019).

Dosage des glucides

• Principe

Cette méthode se base sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans la farine de riz.

• Mode opératoire

- Mettre dans un erlenmeyer : 10 ml de la solution de Fehling A, 10 ml de la solution de Fehling B et 30 ml d'eau distillée ;
- Titrer avec une solution de glucose (5 %) en chauffant jusqu'à la décoloration complète de la liqueur de Fehling et la formation d'un précipité rouge brique ;
- Vider et laver la burette puis remplacer la solution de glucose par la farine de riz diluée ; et opéré comme précédemment.

• Expression des résultats

$$R = \frac{5 \times V \times D}{V'}$$

V : Le volume de la solution versé jusqu'à décoloration complète ;

V' : Le volume de l'échantillon ;

D : Facteur de dilution.

Dosage des lipides

• Principe

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

• Mode opératoire

- Sécher un ballon de 500 ml à 150 °C pendant 1 h, refroidir au dessiccateur pendant 30 min, puis le peser ;
- Peser 10 g de farine dans la cartouche du Soxhlet et placer à l'intérieur de l'extracteur
- Verser 200 ml d'éther du pétrole dans le ballon et 50 ml dans le compartiment et cartouche. Puis chauffé pendant 7 h ;
- Eliminer le solvant du ballon par distillation ;
- Sécher le résidu dans une étuve à 80 °C, après refroidissement au dessiccateur pendant 30 min ;
- Peser le ballon contenant les lipides.

Chapitre V : Matériel et méthodes

- **Expression des résultats**

Le taux des lipides (L) est exprimé en % par g pour 100 g de produit sec est calculé par la formule suivante :

$$L(\%) = \frac{(P_2 - P_1)}{P_e} \times 100$$

P₁ : poids du ballon vide (g) ;

P₂ : poids du ballon après évaporation (g) ;

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

Détermination de la valeur énergétique de la farine de riz

- **Principe**

La valeur énergétique globale est l'énergie libérée par la combustion des macronutriments : protéines, glucides et des lipides contenus dans l'alimentation en tenant compte de leur coefficient d'ATWATER : 4 Kcal, 4 Kcal, et 9 Kcal, respectivement (GREENFIELD et SOUTHGATE, 1992).

- **Mode de calcul**

Elle est exprimée en kilocalorie (Kcal) et calculée à partir de la relation :

$$E \text{ (Kcal)} = (9 \times L) + (4 \times P) + (4 \times G)$$

L : La teneur en lipide ;

P : La teneur en protéine;

G : La teneur en glucide.

Préparation du biscuit

Le but de cette préparation est de préparer un biscuit sous forme d'un cookie gourmand sans gluten à base de farine de riz, au quel d'autres ingrédients exempts de gluten ont été ajoutés.

Les quantités des ingrédients et leurs origines sont résumées dans le tableau III.

Tableau III: Origine et quantité des ingrédients ajoutés dans la fabrication du biscuit

Ingrédients	Quantité (grammes)	Origine
Farine de riz	160	Farine de riz complet faite maison.
Sucre	80	Sucre cristallisé vendu sous le nom de "Skor" de la société "CEVITAL", Bejaïa
Matière grasse	80	Margarine végétale de la marque « Matina » fabriquée par Cevital SPA, Bejaïa
Jaune d'Œuf	15	/
Pépites de chocolat	80	Chocolat noir concassé de la marque « ambassadeur » fabriqué par Bimo
Amande concassé	80	/
Levure chimique	5	de marque « Nouara » produite par groupe SIPADES

Chapitre V : Matériel et méthodes

Etapes de préparation du biscuit

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

La qualité sensorielle du biscuit

On parle de qualité sensorielle ou autrement dit, la qualité organoleptique, elle représente tous les caractéristiques que peut percevoir le consommateur en dégustant le biscuit. Elle fait intervenir les organes de sens elles recouvrent l'aspect et la couleur, le goût et la saveur, l'odeur et la flaveur.

- **La couleur** : La couleur est la première caractéristique perçue par le consommateur. C'est souvent la seule dont il dispose pour choisir le produit au moment de l'achat (**RENERRE, 1990**).
- **Flaveur** : Elle représente ce qui est perçu par le nez, la langue et les muqueuses buccales qui elles-mêmes détectent les saveurs (**GANDERMER, 1998**).
- **La texture** : Le contact de la peau et des doigts nous renseigne sur la consistance du produit. L'action mécanique de la bouche nous délivre des informations plus précises.

➤ Mode opératoire

- L'analyse du biscuit a été réalisée par un jury composé de 25 sujets dont des étudiants en Master 2 technologie agroalimentaire et contrôle de qualité possédant des notions dans le domaine ;
- Les jurys évaluent les échantillons du cookie initial et du cookie après une conservation de 10 jours dans une boîte hermétique à température ambiante ;
- Les participants étaient invités à faire un test descriptif du biscuit ainsi qu'un test d'acceptabilité ;
- Une fiche d'évaluation a été mise en leur disposition.

Chapitre V : Matériel et méthodes

Les deux figures ci-dessous représentent les grilles d'évaluation du cookie préparé et proposé au jury :

Nom : Prénom : Age :

Fiche d'évaluation sensorielle du biscuit

Veillez SVP renseigner par une croix (X), après dégustation de chaque morceau du biscuit, la grille d'évaluation pour chaque attribut sensoriel. Veillez rincer la bouche avec de l'eau après chaque dégustation :

- **Couleur :**
Blanc doré marron (cramé)
- **Odeur :**
Normal Parfumée puissante
- **Gout :**
Bon Fade mauvais
- **Texture :**
Moue friable dur
- **Arrière-gout :**
Absence Présence

Figure 07 : Grille d'évaluation du test descriptive du cookie

Nom : Prénom : Age :

Fiche d'évaluation de l'acceptabilité du biscuit

Comment trouvez-vous ce produit :

Très bon Bon
Acceptable Mauvais

Figure 08 : Grille d'évaluation du test d'acceptabilité du cookie

Chapitre VI

Résultats et discussion

Chapitre VI: Résultats et discussion

Chapitre VI : Résultats et discussion

Appréciation visuelle de la farine de riz

Après la mouture et le premier passage au tamis, pour 100 g de riz nous avons obtenu 72 g d'une fraction fine et 28 g de fraction moins fine, donc nous pouvons dire que le rendement est d'environ 70 %.

La farine présente un aspect acceptable, fine et légère au toucher et d'une couleur assez beige et uniforme au regard, elle dégage aussi une odeur qui ressemble à des noisettes.

Analyses physico-chimiques de la farine

Les résultats obtenus lors des analyses effectuées sur la farine de riz sont rapportés dans le tableau suivant.

Tableau IV : Résultats des analyses physico-chimiques de la farine de riz

Paramètres	Humidité (%)	Gluten humide (%)	Acidité grasse (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Glucides (%)	Valeur énergétique (Kcal)
Résultats	9,96	0	0,18	5,97	1	87,66	383,52

La teneur en eau

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

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.

La teneur en eau des farines de riz ne doit pas dépasser : 11,89 % pour la farine de riz blanc et 11,97 % pour la farine de riz complet (voir tableau II). Lors de notre étude, le taux d'humidité de la farine issue de la mouture du riz complet est de 9,96 %, cette valeur ne dépasse pas la valeur maximale fixée par USDA.

Au-delà de 11.97 % de teneur en eau et si la température est élevée, il y a risque de fermentation et développement de moisissures qui donnent à la farine un goût désagréable (**DUBOIS et LEYENS, 1994**), donc les conditions de stockage de la farine doivent être prises en compte, et la gardé dans un endroit sec.

Chapitre VI: Résultats et discussion

VI.2.1. L'acidité grasse

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

Le taux d'acidité d'une farine ne doit pas dépasser 0,05 %, lors de l'analyse de notre échantillon nous avons trouvé un pourcentage d'acidité grasse égale à 0,18 %, ce qui signifie que la valeur maximale exigée est dépassé.

Cette augmentation peut se traduire, par les différentes activités enzymatiques ; la lipase est activée à 20°C, ou bien due à une influence de lumière (la farine de riz stockés à 20°C était exposée à plus de lumière) qui a activée l'oxydation chimique.

Le taux de gluten

Sur le plan technologique, le gluten détermine en grande partie les caractéristiques rhéologiques de la farine. La quantité et la qualité du gluten sont responsables des propriétés viscoélastiques de la pâte. Il est blanc crème, très élastique et a une odeur agréable. Après séchage, il conserve sa couleur et augmente de volume (**BAGHOUS, 1998**).

Le résultat obtenu, montre qu'il n'y a aucune trace de gluten dans la farine de riz ; nous sommes d'ailleurs arrêté au dosage du gluten humide, car nous n'avons pas pu déterminer la teneur en gluten sec vu que le pâton a disparu au dosage du gluten humide. C'est pour cette propriété qu'elle est autorisée et recommandée au régime sans gluten. Cependant, l'absence du gluten dans cette farine la rend inadapté à la panification. Tant dit que cette farine est mieux adaptée aux pâtes sablées, car en présence d'une grande quantité de gluten lors du pétrissage elles s'avèrent caoutchouteuses.

Taux de protéines

De nombreux auteurs se sont intéressés aux protéines de légumes secs, 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.

Les protéines déterminent pour une large part, la qualité technologique et la qualité nutritionnelle des céréales et des produits céréaliers (**SAMSON et AUTRAN, 1997**).

La teneur en protéines d'une farine de riz varie entre 5,95% pour le riz blanc et 7,23 % pour le riz complet (voir le tableau II). Le résultat obtenu pour la farine analysée est égal à 5,97 %, cette valeur est plus proche de la teneur en protéines d'une farine de riz blanc que complet, donc par cette différence nous pouvons dire que notre échantillon à une faible teneur

Chapitre VI: Résultats et discussion

en protéines comparée à celle du riz complet. Cela peut s'expliquer par le fait que la farine a perdue une partie de ses protéines lors des processus de transformation.

Taux de lipides

Les résultats obtenus après le dosage des lipides, montrent que la farine de riz contient 1 % de matière grasse. Cette faible teneur en lipides est justifiée par l'élimination des enveloppes du riz lors de sa transformation, car la matière lipidique est contenue dans les enveloppes.

La teneur en lipide trouvée lors de cette étude concorde avec les valeurs établies par l'USDA qui a fixé la valeur maximale à 2,78 % pour la farine de riz complet.

Cette faible valeur en lipide favorise le stockage de la farine en diminuant le risque de rancissement.

Taux de glucides

Les glucides sont les principaux nutriments énergétiques, la teneur en sucre que nous avons retrouvé lors de cette analyse est de 87,66 %, celle-ci est conforme à la référence émise par USDA.

Valeur énergétique

La valeur énergétique de la farine de riz analysé est égale à 383,52 Kcal, équivalent de 1628,71 Kj, cette valeur concorde avec celle qui a été fixé par l'USDA qui est de 363 Kcal.

L'analyse sensorielle du biscuit

Test descriptif

➤ La couleur

La couleur est le premier paramètre que le consommateur observe. Elle est influencé par le brunissement enzymatique, il se manifeste par une couleur brune et dépend du temps et de la température de cuisson (**SINGH *et al*, 1993**).

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

Les résultats d'analyse de la couleur relèvent que 72 % des personnes ont jugé que la couleur du biscuit est dorée, et que même après 10 jours de conservation la couleur n'a pas changé, donc nous pouvons dire que la cuisson du biscuit à été réussite, vu que le doré c'est la couleur souhaité pour le biscuit (**figure 10**).

Chapitre VI: Résultats et discussion

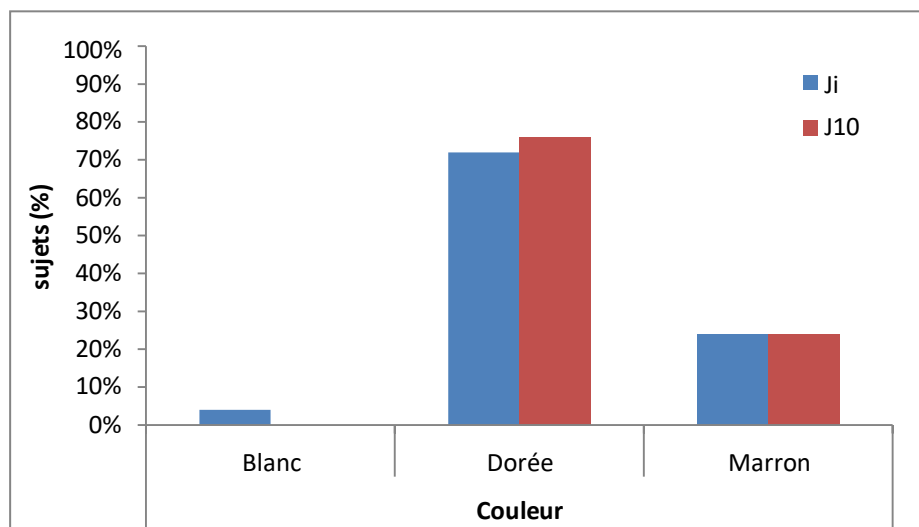


Figure 10 : Résultats du test descriptif de la couleur du biscuit préparé à la maison (cookie)

➤ L'odeur

L'odeur est un critère qui nous renseigne sur la fraîcheur du produit, la figure 12 montre que les sujets ont jugé différemment l'odeur du biscuit. Le jour initial, 40 % des sujets ont bien ressenti l'odeur du biscuit, 36 % l'ont trouvé normal tant dit que 24 % l'ont trouvé assez puissant, cependant après 10 jours de conservation 76 % des personnes ont votés pour une odeur normal et 24 % ressentent toujours le parfum du cookie, et ceci est justifier par le fait que le biscuit à perdu une partie de son odeur après conservation.

L'odeur possède un impact considérable sur l'appréciation finale du produit fini, l'imperceptibilité de l'odeur est en partie due à la cuisson en raison de l'élévation de la température qui provoque la volatilité des composés aromatiques (FELLOWS, 2000).

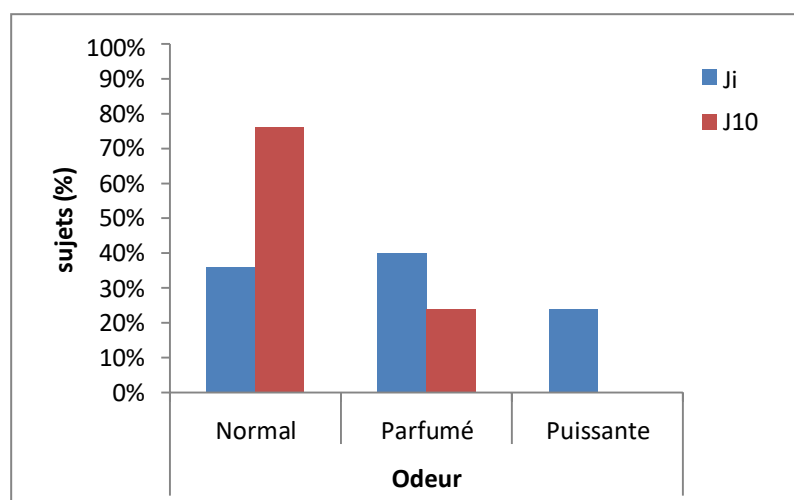


Figure 11 : Résultats du test descriptif de l'odeur du biscuit préparé à la maison (cookie)

Chapitre VI: Résultats et discussion

➤ Le goût

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

Les résultats de l'analyse sensorielle obtenus lors étude (figure 12), le panel des dégustateurs ont considéré le biscuit bon, et cela même après 10 jours de conservation, donc parces avis on peut dire que le gout du biscuit est bien présent.

C'est à l'unanimité que les membres de l'analyse sensorielle ont voté que le biscuit ne présente pas d'arrière goût (figure 13).

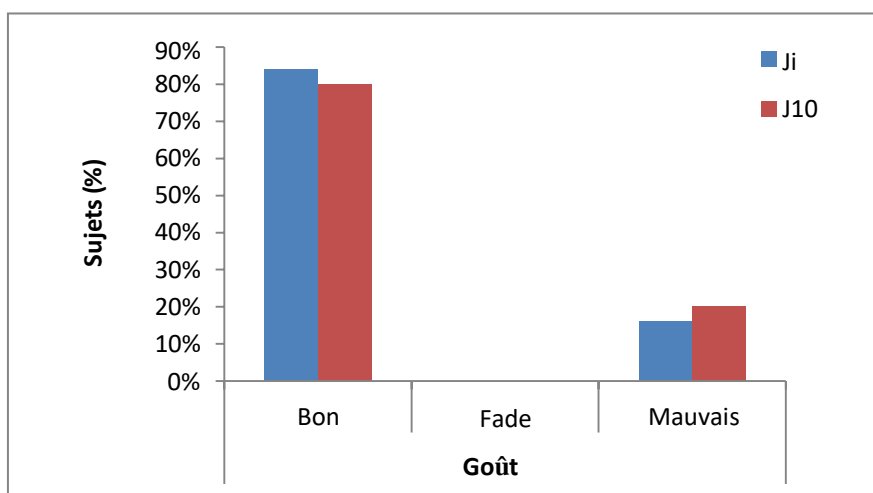


Figure 12 : Résultats du test descriptif du goût du biscuit préparé à la maison (cookie)

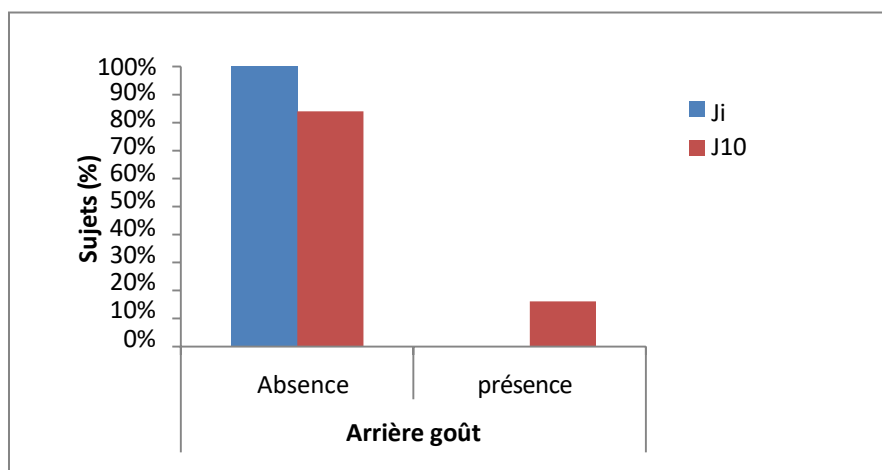


Figure 13 : Résultats du test descriptif de l'arrière goût du biscuit préparé à la maison (cookie)

Chapitre VI: Résultats et discussion

➤ La texture

Elle est influencée par les ingrédients appliqués dans la formulation du biscuit, il s'agit principalement du sucre qui agit en tant qu'agent durcissant en se cristallisant pendant le refroidissement du biscuit ce qui rend le produit croustillant (MENARD *et al*, 1992).

68 % des personnes trouvent que le biscuit est friable et les sujets restants (32 %) le trouvent moue, après 10 jours de conservation 88 % des sujets l'ont jugé friable, donc nous pouvons confirmer que la farine de riz donnent une texture friable au biscuit (**figure 14**).

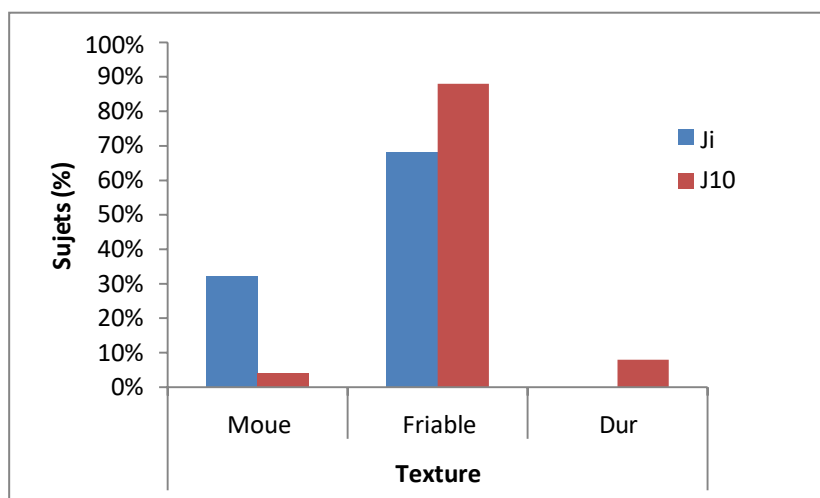


Figure 14 : Résultat du test descriptif de la texture du biscuit préparé à la maison (cookie)

Test d'acceptabilité

Les résultats obtenus (**figure 15**), 92 % de dégustateurs ont jugé le biscuit bon, très bon et acceptable pour le jour initial ; en effet, même après 10 jours de conservation le biscuit a gardé ses qualités gustatives.

Chapitre VI: Résultats et discussion

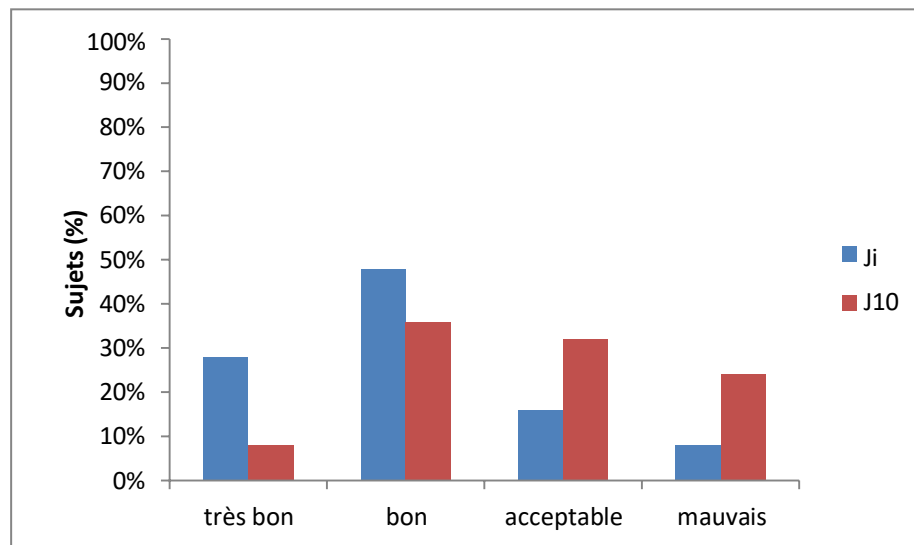


Figure 15 : Résultats du test d'acceptabilité du biscuit préparé à la maison (cookie)

Conclusion

Conclusion

Conclusion

La maladie cœliaque est une maladie inflammatoire du tube digestif. L'exclusion complète et définitive du gluten de l'alimentation constitue la base du traitement de cette maladie.

Notre travail avait comme objectif la réalisation d'un biscuit sans gluten à base de la farine de riz brun.

Cette étude nous a permis donc, l'utilisation d'une farine fabriquée avec un moulin traditionnel à base de riz complet, et la préparation des biscuits (cookies) sans gluten destinés aux malades coeliaques. Le choix de la farine revient d'abord au fait qu'elle ne contient pas de gluten, ainsi à sa valeur nutritionnelle, mais surtout à la facilité d'en faire soit même et à son faible coût.

Les analyses physico-chimiques de la farine de riz utilisée ont montré:

- Une faible teneur en humidité (9,96 %) et en lipides (1 %), ce qui favorise la conservation et diminue le risque de rancissement ;
- Absence de gluten, ce qui lui permet d'être utilisée dans les préparations destinées au régime sans gluten, plus particulièrement celui exigé aux malades cœliaques ;
- Une valeur énergétique élevée (383,52 %), conférée par les bonnes fractions en glucides et protéines.

L'analyse sensorielle effectuée sur le biscuit élaboré montre qu'il présente une bonne qualité organoleptique (couleur, odeur, texture et goût), 76 % des personnes qui ont contribué au test d'acceptabilité ont jugé le biscuit entre bon et très bon et cela pour le jour initial (premier jour de sa conception), tant dit que 70 % l'ont jugé entre bon et acceptable après 10 jours de conservation.

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 :

- ✓ La détermination d'autres caractéristiques physico-chimiques (taux de cendre, granulométrie, test de sédimentation) ;
- ✓ Utiliser cette farine pour d'autre préparation afin de varier l'alimentation des malades cœliaques ;
- ✓ Formuler une farine composée d'autres céréales tels que : le maïs, millet, châtaigne et la soumettre à une analyse ;
- ✓ Etude de la stabilité du biscuit préparé ;
- ✓ La comparaison de plusieurs variétés de farines de riz.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ABD EL-MEGEID A, ABDALLAH IZA, ELSADEK MF et ABD EL-MONEIM, YF, 2009.** The protective effect of the fortified bread with green tea against chronic renal failure induced by excessive dietary arginine in male albino rats. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 4: 107-117.
- **ADRIAN J, POTUS J, POIFFAIT A et DAUVILLIER P, 1998.** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. *Techniques & documentation-Lavoisier* : P 47-53.
- **AFNOR, 1991.** Céréales et produits céréaliers. Détermination de l'amidon et de protéines. Association Française de Normalisation. Edition AFNOR, Paris, 264, 360 p. AFT.
- **ASIEDU E, KONE A, ODILE T, 2011.** Manuel de formation sur l'amélioration des technologies du riz. CORAF/WECARD, Dakar : P 17 – 47.
- **BENATALLAH L, 2009.** Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques : Aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat, Option Sciences Alimentaires, INATAA, Université Mentouri de Constantine : 173 p.
- **BERGERT A, CRUZ JF, TROUD F, 1989.** Programme de mécanisation post-récolte, CEEMAT-CIRAD, Domaine de Lavalette, Avenue du Val de Montferrand, 34100 Montpellier, France : P 167- 282.
- **CASAS M, PALACIOS B, CRRASCOSA G, BERNAD I, BELLO A, MONZO M et SEGOVIA G, 2015.** Evaluation of textural and sensory properties on the typical spanish small cakes designed using alternative flour. *Journal of culinary science and technologie*. 13(1): 19-28 DOI:10. 1080/ 154280 52.
- **CHAMPAGNE E, 1972.** Rice, Chemistry and Technology. (American Association of Cereal Chemists).
- **CLOT F, BABRON M et CLERGET-DARPOUX F, 2001.** La génétique de la maladie cœliaque. *Médecine thérapeutique/pédiatrie*, 4 : 263-267.
- **CRUZ JF, HOUNHOUGAN DJ. HAVARD M et FERRE T, 2019.** La transformation des grains. Collection Agricultures tropicales en Poche, Quæ, Presses agronomiques de Gembloux, CTA, Versailles, Gembloux, Wageningen. 182 p.
- **DUBOIS D ,1996.** les farines : caractéristiques des farines et des pâtes. In : industries des céréales. N°97. Ed : Lavoisier. Paris.
- **DOURI I, 2007.** Instrumentation d'un four pilote pour la cuisson de génoise. Thèse de doctorat en Génie des Procédés. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires. Ecole Doctorale Agriculture, Alimentation, Biologie, Environnements et Santé. Sciences de l'ingénieur (physics). ENSIA, AgroParisTech, 148 p. HAL Id: pastel-00004531
- **FAO/WHO, 2007.** Norme codex pour le riz - Codex Stan 198-1995. In Céréales, légumes secs, légumineuses et matière protéique végétale. 1ère édition. FAO /WHO. Rome. 115 p.
- **FEILLET P, 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation. Institut National de la recherche agronomique, INRA, Paris. 308 p.
- **FELLOWS P, 2000.** Food Processing Technology Principles and Practice. 2nd Edition. Wood head Publishing, Cambridge England. 575 p.
- **FERGUSON A, ARRANZ E, 1993.** Clinical and pathological spectrum of coeliac

Références bibliographiques

- disease--active, silent, latent, potential. *Gut*, 34(2), 150.
- **GODON B et WILLM C, 1998.** "Les industries de première transformation des céréales". 2^{ème} édition, collection STAA. 656P
 - **GREENFELD H et SOUTHGATE, 1992.** Food composition data, New York. 263p.
 - **Hariz, Mongi B, Kallel-Sellami M, Kallel L, Lahmer A, Halioui, Bouraoui S, Laater A, Sliti A, Mahjoub A et Zouari B, 2007.** Prevalence of celiac disease in Tunisia: mass screening study in schoolchildren. *European journal of gastroenterology & hepatology* 19: 687-694.
 - **JEANT R, CROGUENNE C, SCHUC P, BRULE G, 2007.** "Science des aliments : biochimie, microbiologie, procédés, produits. Technologie des produits alimentaires, Editions Tec & Doc.
 - **JOUBERT H, 2018.** Maladie coeliaque. Société Nationale Française de Gastro-Entérologie.
 - **JULIANO BO, 1985.** Rice: chemistry and technology, USA. 774p.
 - **JULIANO BO, 1994.** Le riz dans la nutrition humaine. FAO. Alimentation et nutrition 26. Rome. 184p.
 - **KIGER JL et KIGER JG, 1967.** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisseries-boulangeries industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.
 - **LAGERQVIST C, IVARSSON A, JUTO P, PERSSON L et HERNELL O, 2001.** Screening for adult coeliac disease—which serological marker (s) to use? *Journal of internal medicine* 250: 241- 248.
 - **MAMAT H et HILL SE, 2014.** Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9): 1998-2005.
 - **MALAMUT G et CELLIER C, 2010.** Maladie coeliaque. *La revue de médecine interne*, 31 :428-433. Mary m. et niewinsky m. S. (2008). Advances in celiac disease and gluten-free diet. *J am diet assoc*, 108: 661-672.
 - **MERESSE B, MALAMUT G et CERF-BENSUSSAN N, 2012.** Celiac disease: An immunological jigsaw. *Immunity*; 36:907-19
 - **MENARD G, EMOND S, SEGIN R, BOLDUC R, BOUDREAU A, MARCOUS D, MOUTERDE O, BEN HARIZ M et DUMANT C, 2008.** Le nouveau visage de la maladie cœliaque. *Archives de pédiatrie*, 15: 501-503.
 - **NAMOUS H, 2013.** Formulation d'une farine – biscuit de sevrage sans gluten à base de Riz, Mais, et Pois chiche. Université de Constantine -1- Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des technologies Agro-alimentaires : Département de la Technologie Alimentaire. *Biochimie et Technologies Alimentaires*. 80 pages.
 - **NDANGUI CB, 2015.** Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoeabatatas. Lam*) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat en Co-tutelle en Procédés et Biotechnologies Alimentaires. Université de Lorraine et Université Marien Ngouabi. 134 p.
 - **Norme algérienne N.A. 1132-2008/ISO 712 :** détermination de la teneur en eau.
 - **PAINCHAUD M et 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.
 - **ROUSSEL P et LOISEL W, 2009.** Test de laboratoire. Guide pratique d'analyse dans

Références bibliographiques

les industries des céréales. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, APRIA, 479 p

- **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.
- **SAIDAL, 2010.** Santé. Dossier: la maladie cœliaque. Science et santé. Publication Trimestrielle édité par le groupe SAIDAL. 3^{ème} Trimestre, 2010, Numéro 8. 84 p
- **SHARMA A et ZHOU W, 2011.** A stability study of green tea catechins during the biscuit making process. *Food Chemistry*, 126: 568-573.
- **SINGH J, 1993.** Influence of heat treatment of milk and incubation temperatures on *S Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus acidophilus*. *Milchwissenschaft*, 38: 347-348 p.
- **SUNJIN P et SHINET M, 2012.** Properties and qualities of rice flour and gluten- free cupcakes made with higher yield rice varieties in Korea, DOI10.1007, pp.365-372.
- **THARRAULT JF, 1997.** Qualité biscuitière des farines de blé tender: des blés biscuitiers pour une bonne maîtrise de la texture des biscuits. In, GODON B. et OISEL W. Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Lavoisier. Tec. et doc. Paris, 819 p.
- **ZHOU W, 2014.** Bakery Products Science and Technology. 2^{ème} édition. Wiley blackwell, 776 p.

Références Webiographiques

- TECHNOLOGIES ET EQUIPEMENTS UTILISABLES POUR LA FABRICATION DE FARINES INFANTILES, Mémina SANOGO Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques, Paris (France). (<https://horizon.documentation.ird.fr>)
- F.A.O.STAT. (2008). FAO agricultural statistics. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<http://faostat.fao.org>)

Annexes

Annexes

1. Fabrication de la farine de riz

➤ Matériel utilisé

- Riz complet
- Moulin traditionnel
- Récipient
- Four
- Tamis 200µm

➤ Diagramme de fabrication de la farine de riz

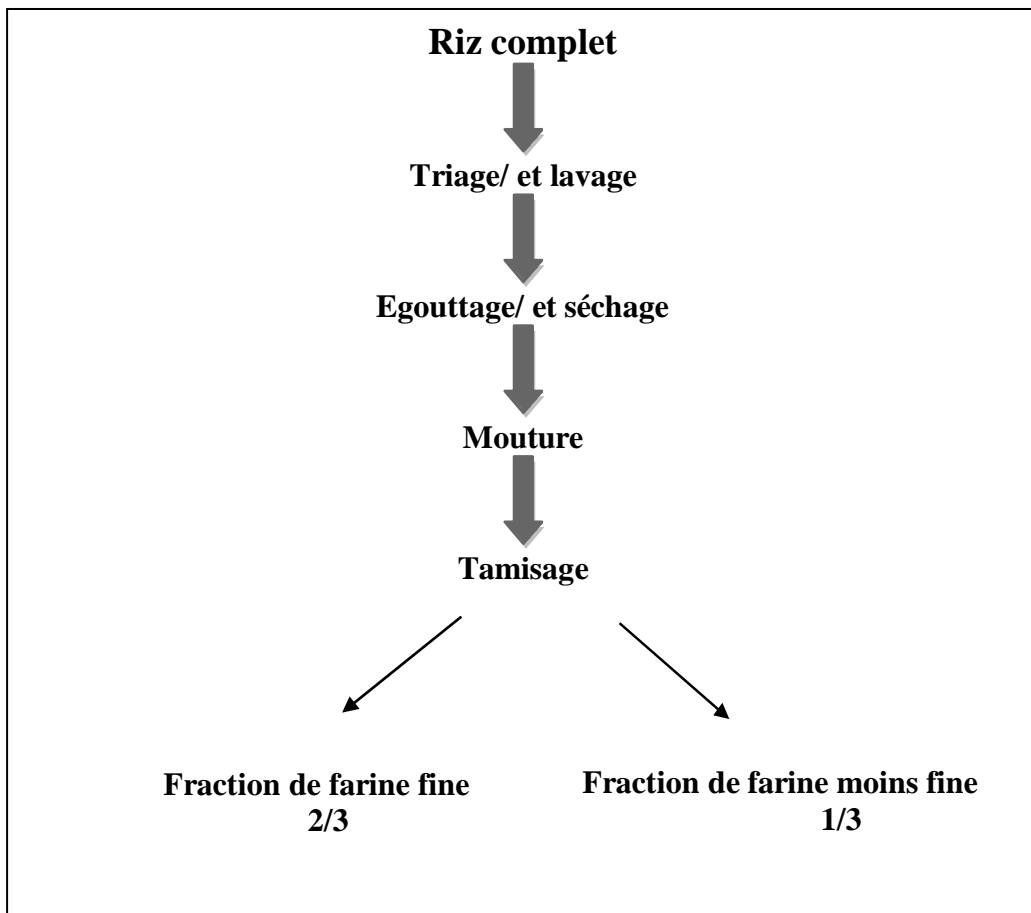


Figure 01 : Diagramme technologique de la fabrication de fabrication de la farine de riz complet.

Annexes

- Les figures suivantes représentent les étapes de fabrication de la farine de riz :



Figure 02 : Riz complet (brun)



Figure 03 : Lavege du riz



Figure 04 : Séchage du riz



Figure 05 : Mouture du riz



Figure 06 : Tamisage de la farine



Figure 07 : Farine de riz brun

Annexes

2. Matériel utilisé lors de l'analyse physico-chimique de la farine de riz

Tableau I : Liste des appareils et des réactifs.

Analyse	Appareillages	Réactifs
Taux d'humidité	<ul style="list-style-type: none">- Etuve- Capsules en métal- Pince métallique- Bécher- Balance Dessiccateur à plaque métallique.	/
Taux de gluten	<ul style="list-style-type: none">- Récipient- Burette de 10ml- Spatule- Balance	/
Teneur en acidité grasse	<ul style="list-style-type: none">- centrifugeuse.- tube- agitateur- burette- fiole conique	<ul style="list-style-type: none">- Ethanol à 95%- Phénophtaléine (indicateur coloré)- Hydroxyde de sodium à 0,05N
Teneur en protéines	<ul style="list-style-type: none">- Distillateur- Tubes- Agitateur- Pipette- Fiole conique- Burette- Erlenmeyer	<ul style="list-style-type: none">- Acide sulfurique à 95%- Catalyseurs (sulfate de potassium «K₂SO₄ » et l'oxyde mercureux- Acide borique à 4%- Tashiro : Indicateur coloré de rouge méthyle et de vert de bromochrésol- La soude à 45%- Acide chlorhydrique à 0,1 N pour le titrage.
Teneur en glucides	<ul style="list-style-type: none">- Burette- Agitateur + plaque chauffante- Erlenmeyer	<ul style="list-style-type: none">- Solution de Fehling A- Solution de Fehling B
Teneur en lipides	<ul style="list-style-type: none">- Appareil d'extraction « SOHXLET »- Etuve- Papier filtre	/

Annexes

➤ Analyses physico-chimiques de la farine de riz



Figure 08 : Prise d'essai



Figure 09 : Dosage du gluten humide



Figure 10 : Dosage de l'acidité grasse



Figure 11 : Dosage de lipide (SOHXLET)



Figure 12 : Résultat de dosage des glucides

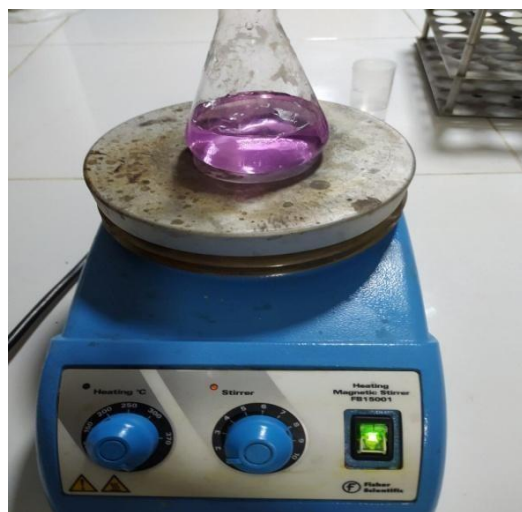


Figure 13 : Résultat de dosage des protéines

Annexes

3. Étapes de préparation des biscuits (cookies)



Figure 14 : Ingrédients des biscuits



Figure 15 : Crémage des ingrédients



Figure 16 : Pétrissage de la pâte



Figure 17 : Façonnage des biscuits (cookies)



Figure 18 : Les cookies après cuisson



Figure 19 : Conservation des biscuits

Annexes

4. L'analyse sensorielle

Tableau II : résultats du test descriptif de l'analyse sensorielle du cookie

Caractéristiques	couleur			Odeur			Gout			texture			Arrière gout	
	blanc	doré	Marro n	normal	parf umé	puiss ante	bo n	fad e	ma uva is	mou e	fria ble	dur	abs	p r s
J_i	1	18	6	9	10	6	21	0	4	8	17	0	25	0
J₁₀	0	19	6	19	6	0	20	0	5	1	22	2	21	4

Tableau III : Résultats du test d'acceptabilité de l'analyse sensorielle du cookie

Caractéristiques	Très bon	Bon	Acceptable	mauvais
J_i	7	12	4	2
J₁₀	2	9	8	6

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. Dans ce travail, un procédé d'élaboration d'un biscuit sans gluten à base de farine de riz a été développé afin de diversifier l'alimentation des malades cœliaques en Algérie. L'étude a permis de mettre en évidence une farine de riz complet fabriqué avec une méthode traditionnelle, en la soumettant à une analyse physico-chimique, ainsi le biscuit préparé a été présenté à un panel dégustateur pour une analyse sensorielle. Les résultats obtenus montrent que la farine de riz présente une bonne qualité physico-chimique; en effet, le profil sensoriel du biscuit a été apprécié par le panel. En outre, il possède une bonne qualité organoleptique.

Mots clés : farine de riz, analyse physico-chimiques, maladie cœliaque, biscuit, sans gluten.

Abstract

People suffering from coeliac disease need to follow a gluten-free diet, as it is the only way to treat this autoimmune disease. In this work, a process of elaboration of a gluten-free cookie based on rice flour is developed to diversify the diet of coeliac patients in Algeria. The study allowed to highlight a whole grain brown rice flour manufactured with a traditional method, by subjecting it to a physicochemical analysis, so the prepared cookie was presented to a tasting panel for a sensory analysis. The results obtained show that the rice flour has a good physico-chemical quality; indeed, the sensory profile of the cookie is appreciated by the panel. Moreover, it has a good organoleptic quality.

Key words: rice flour, physico-chemical analysis, coeliac disease, cookie, gluten-free.