



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université 20 Août 1955 Skikda

جامعة 20 اوت 1955 سكيكدة

Faculté des sciences de la nature et de la vie

كلية العلوم

Département : Sciences de la Nature et de la Vie

قسم علوم الطبيعة والحياة

Mémoire présenté dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275 en vue d'obtention du diplôme de
Master et diplôme startup –diplôme brevet

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Intitulé :

Procédé de fabrication d'une farine d'amarante sans gluten

Présenté par : Djeddar Meriem

Devant le Jury :

Mr	Président	Université 20 Août 1955 Skikda
Mr. DJERROU Zouhir	Professeur Directeur de Mémoire	Université 20 Août 1955 Skikda
Mr BELAIDI Abdelouahab	MCB Examineur	Université 20 Août 1955 Skikda

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

*Avant toute chose, je remercie Dieu le tout puissant, miséricordieux et clément,
pour nous avoir donné santé, patience, volonté et courage.*

*C'est avec un grand honneur et un grand plaisir que je remercie mon
enseignant, Mr Djerrou Zouhir, professeur à l'université de Skikda pour son
esprit scientifique et ses précieux conseils.*

*Je le remercie pour l'appui qu'il m'a accordé, pour la patience dont il a fait
preuve en m'orientant logiquement vers un meilleur déroulement de mon travail.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury pour avoir accepté
d'examiner ce travail. Mes remerciements les plus vifs.*

*Je ne pourrais finir ces remerciements sans penser à tous mes collègues qui ont
contribués à la réalisation de ce travail d'une dimension humaine inestimable,
pour leurs encouragements et je suis sûre que j'en ai oublié beaucoup !!*

*Enfin, je remercie du fond de mon cœur ma famille qui m'a soutenu, encouragé
et motivé tout au long de mon parcours.*

Dédicace

Je dédie ce travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance

à :

A mes très chers parents

A mon frère

A mes sœurs

A mon cher mari, pour la patience dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitude.

A mes enfants Amir et Akram

A tous ceux qui, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Merci infiniment.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Introduction	<u>1</u>
---------------------	-----------------

Chapitre I : Maladie cœliaque et régime sans gluten

1. Définition de la maladie cœliaque	3
2. Définition de gluten	3
3. Facteurs d'apparition de la maladie	4
3.1. Facteur génétique	4
3.2. Facteur environnemental	4
4. Formes de la maladie	4
5. Prévalence de la maladie cœliaque	6
6. Symptômes de la maladie cœliaque	6
7. Traitement régime sans gluten	7
8. Aliments autorisés et aliments interdits dans les régimes sans gluten	8

Chapitre II : La plante amarante

1. Présentation de la plante	10
2. Tolérance aux stress biotiques et abiotiques	10
3. Aspects culturels	11
4. Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles	12
5. Composition nutritionnelle des feuilles d'amarante	13
5.1 Composés antinutritionnels	16

5.2. Composition phytochimique	17
5.3. Composition nutritionnelle des grains d'amarante	17

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Composition chimique des feuilles d'amarante fraîches crues et fraîches bouillies (g / 100g de partie comestible (PC))	14
Tableau 2	Minéraux (mg/100 g PC) dans les feuilles d'amarante fraîches, crues et bouillies	15
Tableau 3	Vitamines (dans 100 g PC) dans les feuilles d'amarante fraîches crues, et fraîches bouillies.	16
Tableau 4	Composition chimique des grains d'amarante comparée à ceux d'autres céréales	18

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure n°01	Muqueuse intestinale d'une personne normale (A) et d'un malade cœliaque (B)	3
Figure n°02	Plante amarante	7
Figure n°03	Différents <i>Amaranthus</i> sp A) <i>A. tricolor</i> B) <i>A. cruentus</i> C) <i>A. spinosus</i> D) <i>A. hypochondriacus.</i>	12

Liste des abréviations

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

INFOODS: International Network of Food Data Systems

HLA: human leukocyte Antigen

OMS: organization Mondiale de la santé

WUE: Western Undergraduate Exchange

ND: Non disponible

Résumé :

A l'heure actuelle, le régime sans gluten est proposé pour les personnes touchées par la maladie cœliaque comme moyen de traitement ainsi les sportifs et consommateurs de produit bio. Il est connu par son avantage de diminuer le risque de l'intolérance au gluten. Dans ce travail, un procédé de production d'une farine sans gluten à base de la plante amarante.

Cette plante riche en nutriments et souvent considérée comme super –aliment.

L'objectif principal de cette recherche est d'analyser les procédés de transformation de l'amarante en farine. Tout en évaluant ses propriétés nutritionnelles.

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

Mot clé : amarante, farine, maladie cœliaque, sans gluten.

Abstract

Currently , the gluten-free diet is proposed for people affected by celiac disease as a means of treatment as well as athletes and consumers of organic products .

It is known for its advantage of reducing the risk of gluten intolerance . in this project, a process for producing gluten-free flour based on the amaranth plant . this plant is rich in nutrients and is often considered a superfood.

the main objective of this research is to analyze the processes of transformation of amaranth into flour. While evaluating its nutritional properties.

The results of physicochemical analyses comply with standards, which guarantees the quality of the finished product.

Keyword : amaranth, flour, celiac, disease, gluten free.

ملخص

حاليًا، يتم تقديم النظام الغذائي الخالي من الغلوتين للأشخاص المصابين بمرض الاضطرابات الهضمية كوسيلة للعلاج، وكذلك الرياضيين ومستهلكي المنتجات العضوية. وهو معروف بمميزته في تقليل مخاطر عدم تحمل الغلوتين. في هذا العمل، عملية لإنتاج الدقيق الخالي من الغلوتين بالاعتماد على نبات القطيفة. هذا النبات غني بالمواد المغذية وغالبًا ما يعتبر طعامًا فائقًا.

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تحليل عمليات تحويل القطيفة إلى دقيق. أثناء تقييم خصائصه الغذائية. تتوافق نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية مع المعايير التي تضمن جودة المنتج النهائي.

الكلمة المفتاحية: قطيفة، دقيق، مرض الاضطرابات الهضمية، خالي من الغلوتين

Introduction

Au cours des dernières décennies, la compréhension des mécanismes auto-immuns et la mise en évidence d'auto-anticorps spécifiques, notamment dirigés contre la transglutaminase, ont profondément modifié la perspective épidémiologique de la maladie cœliaque (Lamireau et Clouzeau, 2013). En effet, l'élimination du gluten de l'alimentation est le seul traitement de la maladie cœliaque, une solution apparemment simple mais qui pose des défis dans la pratique. Bien qu'il soit efficace, en particulier pendant les premiers stades de la vie, les pressions sociales peuvent le rendre difficile à maintenir, en particulier dans les régions où les féculents comme les céréales sont un aliment de base. De multiples études ont mis en évidence ces enjeux (Denery –Papini et al., 2001).

La pénurie d'options alimentaires quotidiennes sans gluten pose un problème aux personnes atteintes de la maladie cœliaque vivant en Algérie. Les produits diététiques importés pour ce groupe démographique sont limités dans leur variété, coûteuse et banale dans leur goût et leur texture. Ce problème revêt une importance particulière pour les nourrissons qui abandonnent le lait maternel, car leurs besoins alimentaires exigent plus que cette seule source de nutrition (Benatallah et al., 2009).

De ce fait, l'introduction des aliments riches en vitamines et minéraux dans le régime alimentaire des malades cœliaques est primordiale sur le plan nutritionnel et économique.

Les grains d'amarante sont exempts de gluten, riches en protéines et minéraux essentiels pour le corps.

L'objectif de ce projet s'inscrit dans le cadre de la diversification et de l'amélioration de la situation alimentaire des malades cœliaques en Algérie par l'utilisation de l'amarante une nouvelle plante jamais utilisée au paravent dans le domaine agroalimentaire en Algérie. Dans ce sens une pâte alimentaire est élaborée à base de farine des grains d'amarante.

Chapitre I



Maladie cœliaque et régime sans gluten

1. Définition de la maladie cœliaque :

Le mot cœliaque signifie littéralement l'abdomen. Cœliaque vient du mot latin coeliacus, qui vient du mot grec koiliakos, Koilia en Grec signifie l'abdomen. Aux Etats-Unis, la maladie est écrite «celiac» tandis qu'en Grande-Bretagne elle est écrite «coeliac» (Thompson, 2008).

La maladie cœliaque est une maladie multifactorielle (génétique et environnementale) caractérisée par la destruction auto-immune de l'épithélium dans l'intestin grêle , entraînant une malabsorption des protéines et une incapacité des parois intestinales à traiter le gluten (Moudrý et al, 2005).

Les séquences peptidiques toxiques de la gliadine, sont relativement résistantes aux capacités enzymatiques digestives et peuvent parvenir intactes au contact de la muqueuse intestinale. Ces fragments sont alors absorbés par l'épithélium et arrivent dans le chorion au contact de la transglutaminase tissulaire dont ils sont des substrats de par leur richesse en glutamine (Di Sabatino et al, 2012).

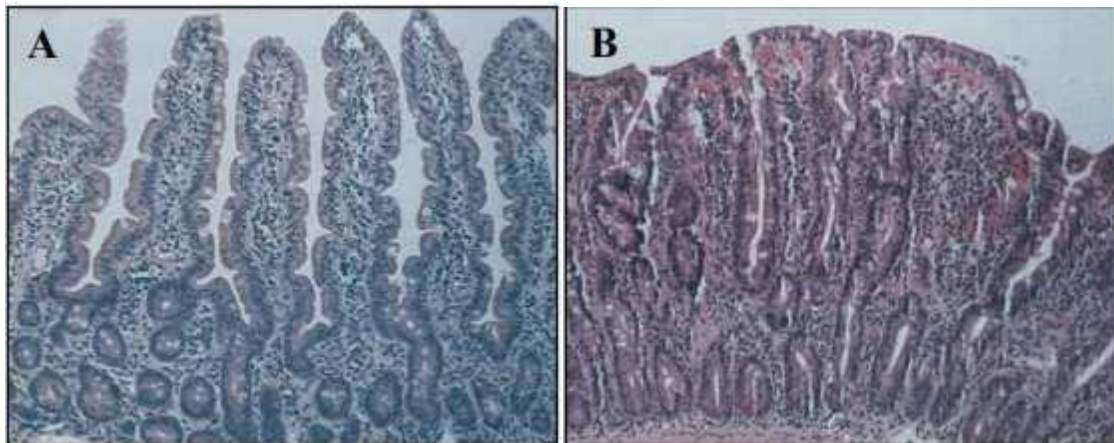


Figure n°01 : Muqueuse intestinale d'une personne normale (A) et d'un malade cœliaque (B) (Nehra et al, 2005).

2. Définition du gluten :

Le gluten est la masse des protéines (du blé, de l'orge et du seigle) insolubles dans l'eau restant après extraction de l'amidon. Il représente environ 80 % des 9 à 10 g de protéines pour 100 g de farines (Real et al, 2012).

Les composants protéiques majeurs du gluten, la gliadine et la gluténine, sont des protéines de

stockage dans le blé. Le gluten et les protéines qui y sont associées sont présents dans le blé, le seigle et l'orge sont toxiques pour les intolérants au gluten et couramment utilisés comme ingrédient dans l'industrie alimentaire afin de donner à la pâte les propriétés physiques, en lui conférant la capacité d'absorption de l'eau, la cohésion, la viscosité et l'élasticité, de l'ajouter des saveurs et d'affiner sa structure. L'exposition au gluten peut être à l'origine de la maladie cœliaque chez les individus porteurs d'une prédisposition génétique (Jabri et al, 2006, Ludvigsson et al, 2013).

3. Facteurs d'apparition de la maladie

3.1. Facteur génétique

La maladie cœliaque présente une forte composante héréditaire. Les études épidémiologiques révèlent que jusqu'à 20 % des parents du premier degré sont affectés par cette maladie, avec des taux de concordance atteignant 75 à 80 % chez les jumeaux monozygotes, contre 10 % chez les jumeaux dizygotes. Les facteurs génétiques de susceptibilité les plus importants et les mieux caractérisés sont les antigènes leucocytaires humains (HLA) de classe II, en particulier les HLA-DQ2 et HLA-DQ8, qui jouent un rôle clé dans la présentation des antigènes aux cellules immunitaires (Rashid et Lee, 2016).

3.2. Facteur environnemental

Les facteurs environnementaux jouent un rôle essentiel dans la pathogenèse de la maladie cœliaque. Le principal déclencheur de la maladie est le gluten, qui est impliqué dans des réponses immunitaires innées au niveau de l'épithélium intestinal. Les lymphocytes cytotoxiques intraépithéliaux semblent également jouer un rôle central dans ce processus (Heyman et al, 2011).

Par ailleurs, des données émergentes suggèrent une implication du microbiote intestinal, qu'il soit commensal ou pathogène, dans la pathogenèse de la maladie. Les études épidémiologiques ont également identifié plusieurs facteurs de risque pour le développement de la maladie cœliaque, notamment une introduction du gluten trop précoce ou tardive chez les enfants, l'accouchement par césarienne, et l'absence d'allaitement maternel (Heyman et al, 2011).

4. Formes de la maladie cœliaque

La maladie cœliaque peut se manifester à tout âge. Elle est particulièrement précoce avant l'âge de 5 mois, notamment en cas d'introduction prématurée du gluten (Bourrillon, 2000). Le plus souvent, elle apparaît chez les jeunes enfants entre 6 mois et 2 ans, période correspondant au sevrage du lait maternel. Dans ces cas, on parle de la "forme du nourrisson et du très jeune enfant" (Bourrillon, 2000).

Cependant, la maladie peut également survenir plus tard, chez des enfants âgés d'environ 9 ans, ce que l'on désigne comme les "formes tardives de l'enfant". Chez l'adulte, elle peut se déclarer entre 30 et 59 ans, apparaissant généralement plus précocement chez les femmes que chez les hommes (Bayrou, 2001). Dans ce cas, on parle de la "forme adulte".

Enfin, cinq phénotypes de la maladie ont été identifiés (Kouroche et al., 2001) :

❖ **Classique** : (10 à 20 % des cas, selon Lounes, 2020).

La lésion se caractérise par une atrophie villositaire totale ou subtotale, localisée principalement au niveau proximal (duodénum ou duodéno-jéjunum), accompagnée d'une augmentation des lymphocytes intraépithéliaux. Le duodénum est systématiquement touché, parfois de manière localisée (lésion en plage). Lorsque le jéjunum distal et l'iléon proximal sont également atteints, le tableau clinique classique de la maladie cœliaque apparaît (Szajewska et al., 2012).

❖ **Atypiques**

Ce sont les formes les plus fréquentes, faites de symptômes extra-digestifs ou digestifs mais non spécifiques telles que : une constipation chronique, des douleurs abdominales récidivantes, un retard de croissance et une anémie ferriprive réfractaire (Rampertabsd, 2006, Husby et al, 2012).

❖ **Silencieuse**

Cette forme est caractérisée par des sérologies positives et une atrophie villositaire de sévérité variable (Rostom et al, 2006).

❖ **Latente**

Elle concerne les patients qui sont asymptomatiques, les sérologies positives sont isolées et la muqueuse intestinale étant morphologiquement normale avec parfois seulement une

augmentation de la proportion des lymphocytes intra-épithéliaux. Le malade est bien porteur des gènes HLA DQ2/DQ8 (antigènes leucocytaires humains de classe II) (Powell, 2008).

❖ **Réfractaire**

Dans ce cas, les malades cœliaques ne répondent pas à un régime sans gluten et sont sujets pour développer une duodéno-jéjuno-iléite ulcéralive ou des lymphomes (Schmitz et Garnier-Lengline, 2008).

5. Prévalence de la maladie cœliaque

Plusieurs études récentes ont montré que cette maladie est l'un des troubles chroniques les plus courants, touchant des populations dans de nombreuses régions du monde. Actuellement, la majorité des cas restent non diagnostiqués, principalement en raison de l'absence de symptômes typiques (Catassi et Fasano, 2008).

La maladie cœliaque est de plus en plus fréquemment observée dans les pays du tiers-monde. Une prévalence élevée a été signalée au Moyen-Orient ainsi qu'en Afrique du Nord, où elle atteint son maximum chez les Sahraouis, une population africaine d'origine arabo-berbère (Catassi et Fasano, 2008 ; Cureton et Fasano, 2009).

En Algérie, nous ne disposons pas encore de données précises et récentes sur l'ampleur de la maladie cœliaque. Les études sur le sujet restent rares (Boudraa et al., 2008). À Oran, la prévalence de la maladie cœliaque symptomatique chez les enfants de moins de 15 ans était estimée, au 31 décembre 2007, à environ 1,09 %.

D'autres données proviennent de Benatallah (2009) dans l'est de l'Algérie. En 2003, une prévalence moyenne de 1,33 % a été calculée dans trois villes : 1,4 % à Guelma, 1,7 % à Mila et 0,88 % à Khenchela. Par ailleurs, selon une enquête menée par Bouasla (2011), la prévalence de la maladie dans la commune de Constantine en 2008 était d'au moins 0,97 %.

6. Symptômes de la maladie cœliaque

Le spectre clinique de la maladie cœliaque est large :

a. Chez l'enfant

Les enfants atteints de la maladie cœliaque présentent une croissance altérée, une diarrhée chronique, une distension abdominale, une fonte musculaire accompagnée d'une hypotonie,

un faible appétit et une anxiété. Quelques semaines à quelques mois après le début de l'ingestion de gluten, la vitesse de prise de poids diminue, pouvant aboutir à une perte de poids.

La forme atypique de la maladie cœliaque est généralement observée chez des enfants plus âgés. Dans ces cas, les caractéristiques classiques de la malabsorption sont absentes. Les symptômes peuvent être intestinaux ou extra-intestinaux. Les symptômes intestinaux incluent des douleurs abdominales récurrentes, une stomatite aphteuse récurrente et de la constipation (Catassi et Fasano, 2008).

b. Chez l'adulte

Les formes symptomatiques ou classiques de la maladie cœliaque chez l'adulte peuvent se manifester par une diarrhée chronique, une distension et des douleurs abdominales, une faiblesse générale et des signes de malabsorption (Green et Cellier, 2007). Cependant, de nombreux patients présentent peu ou pas de symptômes gastro-intestinaux, mais des manifestations extra-intestinales telles que la dermatite herpétiforme, l'anémie, l'ostéoporose, l'infertilité ou encore des troubles neurologiques (Alaedini et Green, 2005).

7. Traitement de la maladie (Régime sans gluten)

Le traitement de la maladie cœliaque repose sur un régime strict sans gluten, à suivre tout au long de la vie. Cela implique de préparer des repas ne contenant pas de gluten, ce qui exige l'exclusion rigoureuse de la farine et des produits à base de blé, d'orge, d'avoine et de seigle (Schuppan et al., 2005).

Actuellement, un aliment est considéré comme exempt de gluten selon le Codex Alimentarius, établi par l'OMS et cité par Cegarra (2006), s'il répond aux critères suivants:

- ✓ Provenance d'une céréale dont la prolamine n'est pas toxique, comme le riz, le maïs, le sarrasin ou le millet ;
- ✓ Provenance d'une céréale potentiellement toxique, mais dont la teneur résiduelle en azote après traitement ne dépasse pas 50 mg/100 g de poids sec, ce qui équivaut à 10 mg de gliadine pour 100 g de poids sec ;
- ✓ Provenance d'un amidon préparé à partir de graines de céréales, contenant moins de 0,3 % de protéines dans l'extrait sec.

Le régime sans gluten chez les patients atteints de la maladie cœliaque a un double objectif :

- Corriger les anomalies liées à la maladie :

Anomalies cliniques : diarrhée accompagnée de stéatorrhée, amaigrissement, dénutrition, etc. (Powell, 2008).

Anomalies biologiques : carence en folates et en vitamine B12, responsables d'une anémie macrocytaire, ou hypocalcémie, à l'origine de troubles osseux, etc. (Powell, 2008).

Anomalies histologiques : hypertrophie des cryptes, atrophie villositaire, infiltrat inflammatoire du chorion, etc. (Mazouni et Bensenouci, 2004 ; Megiorni et al., 2009).

Pour corriger ces anomalies, il est souvent nécessaire de fournir aux patients souffrant de déficits nutritionnels des suppléments en fer, calcium ou vitamines, surtout en phase initiale du traitement (Baillargeon, 2006). En cas de déficit secondaire en lactase, les produits laitiers doivent être évités durant les premiers mois, mais peuvent être réintroduits progressivement après une période de trois à six mois (Srinivasan et al., 1999 ; Baillargeon, 2006).

- Réduire les risques à long terme :

Complications métaboliques : diminution du risque d'ostéopénie et d'ostéoporose.

Complications néoplasiques : prévention des lymphomes malins de l'intestin grêle (Matuchansky et al., 2004 ; Megiorni et al., 2009).

8. Aliments autorisés et aliments interdits dans les régimes sans gluten :

Les aliments naturels ou industriels contenant des produits dérivés du blé, du seigle ou de l'orge doivent être exclus de l'alimentation. Tous les aliments faits à partir de farine de blé, comme le pain, les pâtes, les pâtisseries et ceux dans lesquels de la farine a été ajoutée, tels que charcuterie, condiments, plats cuisinés, conserves doivent donc être éliminés de la nourriture quotidienne. Les produits à base de farine de seigle et d'orge doivent l'être aussi. Le riz et le maïs étant permis, la farine de blé peut être remplacée dans de nombreuses circonstances par la Maïzena ou la farine de riz. L'alimentation peut être normale par ailleurs (Schmitz, 2007).

Chapitre II

La plante amarante

1. Présentations de la plante

Les Amaranthaceae sont une famille de plantes à fleurs communément appelée famille des amarantes, en référence à son genre type *Amaranthus*. Elle comprend l'ancienne famille des chénopodiacées et contient environ 165 genres et 2040 espèces, ce qui en fait la lignée la plus riche en espèces au sein de son ordre parent, les Caryophyllales. L'amarante est un genre cosmopolite de plantes vivaces annuelles ou de courte durée. Quelques espèces d'amarante sont cultivées comme légumes-feuilles, pseudo-céréales et plantes ornementales. L'amarante varie en couleur de fleur, de feuille et de tige avec une gamme de pigments saisissants allant du marron au cramoisi, et peut atteindre une hauteur de 1 à 2,5 mètres (3 à 8 pieds) avec une tige cylindrique, succulente et fibreuse, qui est creuse, avec des rainures et des bractéoles à maturité (Ouedraogo et al., 2021).



Figure 2 : plante amarante

2. Tolérance aux stress biotiques et abiotiques

Les plantes d'amarante se caractérisent par leur capacité à s'adapter à différentes conditions agroclimatiques. Étant des plantes de type C4, les amarantes ont une capacité de séquestration du carbone, ce qui leur permet d'avoir une production élevée de matière sèche et de protéines par unité de surface. L'amarante (*Amaranthus spp.*) est une culture prometteuse pour les régions semi-arides en raison de sa haute valeur nutritive et de sa capacité à s'adapter au stress hydrique. L'amarante présente une capacité élevée d'ajustement osmotique (1,08 à 1,24 MPa), ce qui garantit que les plantes continuent de fonctionner dans des conditions de sécheresse sévère. Les espèces d'amarante possèdent la voie photosynthétique C4, qui permet aux plantes d'avoir une plus grande efficacité d'utilisation de l'eau (WUE) que les plantes C3 (voir Liu et Stützel, 2004).

L'amarante a été qualifiée de culture polyvalente : elle résiste à la sécheresse, à la chaleur, aux ravageurs et s'adapte plus facilement aux environnements difficiles que les cultures céréalières conventionnelles. Sa tolérance aux différentes conditions climatiques et son cycle de production court font de l'amarante un légume d'une grande importance économique (Aderibigbe et al., 2022).

2. Aspects culturels

L'amarante est une espèce indigène des Amériques, mais grâce à sa capacité d'adaptation et à ses nombreuses utilisations, sa culture s'est étendue à divers continents et environnements. Cultivée en Amérique centrale et du Sud, en Asie et en Afrique ; en Afrique de l'Ouest, ses utilisations vont de l'alimentation, au fourrage et même à l'utilisation ornementale (Aderibigbe et al., 2020).

Dans de nombreux pays, l'amarante est un ingrédient de la cuisine traditionnelle. En Afrique de l'Ouest, la plante est cultivée pour ses feuilles, qui sont consommées comme légumes. Les feuilles d'amarante sont consommées crues en salade et cuites dans un ragoût de légumes.

Au Nigeria, l'amarante est utilisée dans des plats traditionnels tels que l'igname pilée. La consommation de grains d'amarante n'est pas courante en Afrique de l'Ouest, contrairement à l'Amérique du Sud et centrale où la demande a augmenté ces dernières années, notamment en raison de leur valeur nutritionnelle et pour la préparation de farine ainsi que pour des

utilisations

industrielles.

En termes de méthodes traditionnelles de culture, nous notons que l'amarante cultivée pour ses graines/semences et l'amarante cultivée pour ses feuilles ne sont pas séparées ; il n'existe pas de production distincte claire entre les différents cultivars. En effet, les feuilles des cultivars d'amarante cultivés pour leurs graines et les semences (*A. hypochondriacus*, *A. cruentus* et *A. caudatus*) sont également utilisées comme herbes aromatiques pour la préparation de sauces. Cette pratique est courante chez les petits exploitants qui les cultivent dans leurs jardins familiaux, qui constituent la majorité des producteurs au Burkina Faso (Aderibigbe et al., 2020).

L'amarante a un certain nombre de propriétés médicinales et nutraceutiques. En tant que céréale sans gluten, elle est utilisée comme substitut pour les patients atteints de la maladie cœliaque.

L'extrait d'huile d'amarante peut réduire le taux de cholestérol et contient des composés bioactifs ayant des effets bénéfiques pour la santé. Étant facile à digérer, l'amarante est traditionnellement donnée à ceux qui se remettent d'une maladie ou d'une période de jeûne. En Afrique de l'Ouest, l'amarante est utilisée en médecine traditionnelle pour traiter le paludisme. Cependant, la littérature au Niger et au Burkina Faso sur l'utilisation traditionnelle de cette culture, en particulier l'utilisation médicinale, est plutôt rare et des données supplémentaires devront être collectées (Sokoto et Johnbosco, 2017).

3. Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles

Amaranthus spp. est le légume vert le plus consommé et commercialisé en Afrique subsaharienne en raison de sa texture douce et de sa saveur agréable. Treize espèces d'amarante ont été trouvées au Nigeria en culture, certaines d'entre elles étant cultivées pour leurs feuilles, graines et tiges comestibles (*A. dubius*, *A. graecizans*, *A. retroflexus*, *A. spinosus*, *A. tricolor*, *A. viridis*).



Figure 3 : Différents *Amaranthus sp.*, A) *A. tricolor*, B) *A. cruentus*, C) *A. spinosus*, D) *A. hypochondriacus*. Source : <https://www.shutterstock.com>

Les espèces *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus caudatus* et *Amaranthus hypochondriacus* sont habituellement domestiquées pour la production de céréales et sont communément appelées « pseudo-céréales » (Ruth et al., 2021). Les feuilles d'amarante sont riches en protéines et en micronutriments. En ce qui concerne les propriétés fonctionnelles de l'amarante, les feuilles et racines bouillies sont considérées comme ayant des propriétés anti-inflammatoires, immunomodulatrices, anti-androgènes et anthelminthiques, et leur consommation a été associée au traitement de troubles gastro-intestinaux (dysenterie, diarrhée) et de bronchites aiguës. Les grains de certaines espèces d'amarante (*A. cruentus*, *A. hypochondriacus*) sont utilisés comme substitut du maïs dans la fabrication d'ogi (un porridge local préparé habituellement à partir de céréales fermentées) ou dans la fabrication de farine (Ruth et al., 2021). Ils constituent une bonne source de protéines sans gluten. Par conséquent, l'amarante peut être considérée comme un légume protecteur de la santé. Leur disponibilité et leur accessibilité en tant que source peu coûteuse de nourriture et d'énergie essentielle les rendent aptes à remplir ou à contribuer de manière significative à la composante sécurité alimentaire du développement durable (Ogwu, 2020). D'autre part, l'amarante est également appréciée pour ses propriétés ornementales, et des colorants rouges et verts sont également

obtenus à partir de différentes espèces et utilisés pour les textiles ou les boissons (Ruth et al., 2021).

5. Composition nutritionnelle des feuilles d'amarante

On sait que l'amarante a une valeur nutritive relativement élevée par rapport aux légumes exotiques qui sont la plupart du temps préférés. Les feuilles d'amarante sont riches en protéines, en acides aminés essentiels comme la lysine, la thréonine, la méthionine et le tryptophane, et en minéraux comme le calcium, le magnésium, le fer, le phosphore et le potassium. Elles contiennent également des quantités élevées de vitamines A, C, B2 (riboflavine), B3 (niacine), B9 (folate) et une faible quantité de glucides. C'est aussi une bonne source de fibres et ne contient pas de gluten. Les feuilles d'amarante sont faibles en calories. Par conséquent, elles doivent être complétées par des aliments riches en calories (tableau 1, 2 et 3). De plus, les feuilles d'amarante sont riches en propriétés antioxydantes et phytonutritives (Ruth et al., 2022).

Tableau 1: Composition chimique des feuilles d'amarante fraîches crues et fraîches bouillies (g / 100g de partie comestible (PC)).

Composants	Amarante, feuilles, fraîches, crues	Amarante, feuilles, fraîches, bouillies
Energie (kJ)	167	178
Energie (kcal)	40	42

Eau (g)	85.6	84.7
Protéines totales (g)	4.1	4.4
Lipides totaux (g)	[0.4]	[0.5]
Glucides disponibles (g)	3.0	3.2
Fibres alimentaires totales (g)	3.8	4.1
Cendres (g)	3.0	3.2

Source : FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) dans Vincent et al. (2020).

Tableau 2: Minéraux (mg/100 g PC) dans les feuilles d'amarante fraîches, crues et bouillies

Minéraux	Amarante, feuilles, fraîches, crues	Amarante, feuilles, fraîches, bouillies
Calcium	368	391
Fer	7.2	7.7

Magnesium	160	171
Phosphore	69	74
Potassium	545	580
Sodium	7	7
Zinc	0.66	0.7
Ciuvre	0.29	0.31

Source : FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) dans Vincent et al. (2020).

Tableau 3 : Vitamines (dans 100 g PC) dans les feuilles d'amarante fraîches crues, et fraîches bouillies.

	Composants	Amarante, feuilles, fraîches, crues	Amarante, feuilles, fraîches, bouillies
Vitamines			

Vitamine A (équivalent activité rétinol) (mcg)		2710	2590
Équivalent β-carotène (mcg)		0.05	0.04
Vitamine B1 (mg)	Thiamine	0.19	0.20
Vitamine B2 (mg)	Riboflavine	1.40	1.50
Vitamine B3 (Équivalent niacine) (mg)	Niacine	2.10	2.00
Vitamine B6 (mg)		76	57
Vitamine B9 (mcg)	Folate	67	43
Vitamine C (mg)		0.44	0.46
Vitamine E (équivalent α-tocopherol) (mg)	α -tocopherol	0.41	0.44

Source : FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) dans Vincent et al. (2020).

5.1. Composés antinutritionnels

Les feuilles d'amarante contiennent des composés antinutritionnels comme les oxalates, les phytates, les tanins et les nitrates qui interfèrent avec la digestion, l'absorption et

l'assimilation des nutriments en formant des complexes insolubles. Ces composés sont souvent présents en quantités variables selon les espèces (Ogwu, 2020).

Toutefois, l'ébullition réduit considérablement les nutriments (acide ascorbique, phosphore) et les antinutriments (nitrates et oxalates), mais même si les pertes de nutriments à la cuisson ne sont pas excessives, les antinutriments peuvent être considérablement réduits (Mziray et al., 2001).

5.2. Composition phytochimique

L'amarante est une bonne source de composés antioxydants. Les profils phytochimiques de trois espèces (*A. hypochondriacus*, *A. caudatus* et *A. cruentus*) ont révélé la présence de onze composés phénoliques (acide gallique, acide protocatéchique, acide chlorogénique, acide gentistique, acide 2,4-dihydroxybenzoïque, acide férulique, acide salicylique, rutine, acide ellagique, acide empférol-3-rutinoside et quercétine) et de bétacyanines, principalement amaranthine et isoamaranthine. Les résultats ont montré que les feuilles avaient la teneur la plus élevée en phénoliques et en flavonoïdes, ainsi que le pouvoir antioxydant ferrique réducteur et la capacité d'absorption des radicaux oxygénés les plus élevés par rapport aux autres parties de la plante analysées (Li et al., 2015).

5.3. Composition nutritionnelle des grains d'amarante

Les grains d'amarante ont des niveaux élevés de protéines et de minéraux par rapport aux céréales couramment utilisées comme le mil, le sorgho, le riz, le blé et le maïs. De plus, ils ont une teneur équilibrée en acides aminés essentiels et en acides gras insaturés. Sa protéine est riche en lysine, un acide aminé limitant, absent de nombreux autres grains. La protéine est également relativement riche en acides aminés soufrés, qui sont normalement limités dans les légumineuses. En plus de sa valeur nutritive, le grain d'amarante contient des composés bioactifs ayant des effets bénéfiques sur la santé (Ogwu, 2020).

Tableau 4 : Composition chimique des grains d'amarante comparée à ceux d'autres céréales

Nutriments (%)	Amarante	Millet	Sorgho	Riz*	Blé tendre	Mais
Humidité	11.3	8.67	12.4	11.6	12.4	10.4
Proteines	13.6	11	10.6	7.13	9.61	9.42
Lipides totaux	7.02	4.22	3.46	0.66	1.95	4.74
Cendres	2.88	3.25	1.43	0.64	1.53	1.2
Glucides disponibles	65.2	72.8	72.1	80	74.5	74.3
Fibres alimentaires totales	6.7	8.5	6.71	1.3	13.1	N.D
Energies (kcal/100g)	37	378	329	365	332	365
Energie(kj/100g)	1550	1580	1380	1530	1390	1530

Source : Aderibigbe et al. (2022), USDA database: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/>

*Riz, blanc, à grains longs, régulier, non enrichi. ND : Non disponible

Les analyses physico-chimiques des farines :
Les analyses de notre farine sont effectuées au laboratoire de contrôle de qualité
Catalyse à Constantine.

Bulletin d'analyse

Bulletin N° : R2986PC/2024

Client : Jeddar Meriem	Adresse: Skikda		
Nature de l'échantillon : Farine	Nom du produit: Farine vegetale		
Date de fabrication : /	Date de péremption : /	N° d'inscription au registre : R2986PC/2024	
Date de réception : 28/07/2024	Date de remise : 30/07/2024	Prélèvement fait par : le client	

Analyse Physico - Chimique

Paramètres	Résultats	Unité	Méthodes
GLUTEN	Absence	-	NA 15212

NB : • Les résultats ne concernent que l'échantillon identifié en haut du bulletin.
 • L'analyse est faite à la demande du client.

Analyste
 Mlle. **TOUBA SAMAH**
 Ingénieur

Directrice LAB
 Dr. **ABDIENOUR CHAI**
 Laboratoire de Contrôle de la Qualité et de la Conformité
 B.P. 4401 SUD EST TADJANA 24111 Algérie
 RC N° 25300-0350879

Bulletin d'analyse

Client : Jeddar Meriem	Adresse: Skikda	
Nature de l'échantillon : Farine	Nom du produit: Farine végétale	
Date de fabrication : /	Date de péremption : /	N° de lot : /
Date de réception : 22/07/2024	Date de remise : 25/07/2024	Prélèvement fait par : le client

Analyse Physico - Chimique

Valeur énergétique pour 100 g				
Paramètre	Résultats		Spécifications	Méthodes
Protéines	12,55	g/100g	--	Méthode de kjeldahl
Glucides	74,00	g/100g	--	Méthode de bertrand
Dont sucres assimilables	59,20	g/100g	--	
Lipides	7,67	g/100g	--	Méthode Soxhlet
Dont acides gras saturés	1,07	g/100g	--	
Sel	0,17	g/100g	--	Spectrophotomètre a flamme
Fibres	3,81	g/100g		Fibertech
Valeur énergétique	422,85	KCAL/100g	--	--
Valeur énergétique	1767,51	KJ/100g	--	--

NB : • Les résultats ne concernent que l'échantillon identifié en haut du bulletin. • L'analyse est faite à la demande du client.

Conclusion :

Analyse faite en référence a l'arrêté interministériel du 19 octobre 2017 fixant les modalités applicables en matière d'étiquetage nutritionnel des denrées alimentaires

Analyste
Mlle. TOUBAL SAMAH
Ingénieur d'état

Directrice
CATALYSE LAB
Dr. ABIDA RACHAFA
Laboratoire de Contrôle
de la Qualité et de la Conformité
111, rue SORRENTINO, Sidi Bou Medjahid, Algérie

BMC

<p align="center">Partenaires clés</p> <p>*Secteur gouvernemental pour obtenir des licences afin de démarrer l'activité.</p> <p>*Consultants et experts ayant une expérience dans la fabrication d'aliments sans gluten et les conseils concernant la conception d'usine, aussi le choix de l'équipement approprié, l'élaboration de recettes de produits et l'amélioration des procédures de production et de qualité.</p> <p>*Fournisseurs pour la matière première.</p> <p>*Instituts de recherches et universités.</p> <p>*Entreprises de livraison.</p> <p>*Boutiques et magasins spécialisés.</p>	<p align="center">Activités clés</p> <p>*Production et commercialisation de farine sans gluten à base d'amarante cultivée en Algérie.</p> <p>* Récolte: Récolte des graines à maturité optimale.</p> <p>*Transformation : Nettoyage, séchage et mouture des graines pour obtenir la farine.</p>	<p align="center">Valeur ajoutée</p> <p>*Farine naturelle fabriquée localement.</p> <p>*La qualité de la farine et son goût exceptionnel.</p> <p>*Une farine unique et innovante avec une graine jamais fabriquée auparavant en Algérie.</p> <p>*Bienfaits santé: farine riche en vitamine et minéraux nécessaires à l'organisme.</p> <p>* Qualité farine dépasse le prix.</p> <p>* Ouverture de postes dans plusieurs domaines.</p>	<p align="center">Relation client</p> <p>• Relation solide et à long terme avec les clients qui incluent un aspect d'interaction humaine à travers :</p> <p>*Communication constante via les sites de réseaux sociaux.</p> <p>*Faires des promotions et carte de fidélité pour les clients potentiels.</p> <p>*Assistance et support.</p>	<p align="center">Client</p> <p>*Personnes atteintes de la maladie cœliaque.</p> <p>*Sportifs soucieux de leur condition physique.</p> <p>* Consommateurs de produits biologiques.</p> <p>* Boutiques bio et magasins spécialisés.</p>
	<p align="center">Ressources clés</p> <p><u>Humaines :</u></p> <p>-Equipe de fabrication et production.</p> <p>-Equipe administrative.</p> <p>-Equipe marketing...</p> <p><u>PHYSIQUE :</u></p> <p>-Terre agricole et lieu de fabrication</p> <p>-Machines de séchage et de broyage...</p> <p>-Matière première....</p>		<p align="center">Canaux</p> <p>*Réseaux sociaux</p> <p>*Participation aux foires et concours organisé.</p> <p>*Participation à des campagnes de sensibilisation.</p> <p>*La livraison de la farine se fera à 58 wilayas.</p>	
<p align="center">Flux revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vendre le produit aux consommateurs. • Distribution aux magasins d'alimentation. • Commerce de gros pour institutions et restaurants. • Vente en ligne. 		<p align="center">Structure de coûts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Location. • Equipements (FP). • Mobilier (FP) + matériel informatique. • Salaire. • Marketing et communication (coût). • Matière première (coût). • Maintenances (coût). • Camionnette. 		

Références :

1. Aderibigbe, O. R., Ezekiel, O. O., Owolade, S. O., Korese, J. K., Sturm, B., & Hensel, O. (2022). Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62, 656-669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1825323>
2. Alaedini, A., & Green, P. H. (2005). Narrative review: Celiac disease: Understanding a complex autoimmune disorder. *Annals of Internal Medicine*, 142, 289-298.
3. Baillargeon, J. D. (2006). La maladie cœliaque, y avez-vous pensé ? *Le Clinicien*, avril, 90-94.
4. Boudraa, G., Bessahraoui, M., Bouziane, N. K., Niar, S., Naceur, M., Bouchetara, A., Benmansour, A., & Touhami, M. (2008). Evolution de l'incidence de la maladie cœliaque chez l'enfant de l'ouest algérien (1975-2007). *SFP*, 013, 949.
5. Benatallah, M. (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.
6. Bouasla, A. (2011). Prévalence de la maladie cœliaque à Constantine (1996-2008) et diététique associée auprès des patients de l'EHS Sidi Mabrouk de Constantine (2009). *Thèse de Magister en Science Alimentaire, Option : Nutrition Humaine*, INATAA, Université Mentouri-Constantine, 80 p.
7. Bourrillon, A. (2000). *Collection pour le praticien : Pédiatrie* (3rd ed.). Masson, Paris, 618 p.
8. Bayrou, O., Chapelon-Abric, C., & Terland, C. (2001). La maladie cœliaque. In *Le Vademécum du diagnostic* (pp. 1261). MMI Éditions, Paris.
9. Catassi, C., & Fasano, A. (2008). Celiac disease. In E. K. Arendt & F. Dal Bello (Eds.), *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (pp. 1-22). Elsevier Academic Press.

10. Catassi, C., & Fasano, A. (2008). Coeliac disease. In E. Arendt & F. Dal Bello (Eds.), *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (pp. 1-27). *Food Science and Technology: International Series*, Academic Press-Elsevier Edition.
11. Denery-Papini, S., et al. (2001). Valorisation de certaines légumineuses cultivées à l'aide d'approches biotechnologiques récentes pour l'élaboration de nouveaux produits sans gluten en Algérie.
12. Di Sabatino, A., Vanoli, A., Giuffrida, P., Luinetti, O., Solcia, E., & Corazza, G. R. (2012). The function of tissue transglutaminase in celiac disease. *Autoimmunity Reviews*, *11*, 746-753.
13. Jabri, B., & Sollid, L. M. (2006). Mechanisms of disease: Immunopathogenesis of celiac disease. *Nature Clinical Practice Gastroenterology & Hepatology*, *3*(9), 516–525.
14. Heyman, M., Abed, J., Lebreton, C., & Cerf-Bensussan, N. (2011). Intestinal permeability in coeliac disease: Insight into mechanisms and relevance to pathogenesis. *Gut*, *61*(9), 1355-1364.
15. Husby, S., Koletzko, S., Korponay-Szabo, I. R., et al. (2012). European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition guidelines for the diagnosis of celiac disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition*, *54*, 136-160.
16. Green, P. H., & Cellier, C. (2007). Celiac disease. *New England Journal of Medicine*, *357*(17), 1731-1743.
17. Kouroche Vahedi, Y., Bouhnik, Y., & Matuchansky, C. (2001). *Gastroentérologie Clinique et Biologique*, *25*(5), 485 p.
18. Liu, F., & Stützel, H. (2004). Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, *102*, 15–27.
19. Li, H., Deng, Z., Liu, R., Zhu, H., Draves, J., Marcone, M., Sun, Y., Tsao, R. (2015). Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and Analysis*, *37*, 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.09.003>
20. Lounes, F. (2020). Maître de conférences A en gastroentérologie, Service de MI – Hôpital Bologhine.

21. Mazouni, M., & Bensenouch, A. (2004). Diarrhées chroniques avec retentissement sur l'état général. In *Eléments de pédiatrie* (Vol. 2, pp. 611-612). OPU, Alger, 713 p.
22. Megiorni, F., Mora, B., Bonamico, M., Barbato, M., Nenna, R., Maiella, G., Partizia, L. P., & Mazzilli, M. C. (2009). HLA-DQ and risk gradient for celiac disease. *Human Immunology*, *70*, 55-59.
23. Moudrý, J., Kalinová, J., Petr, J., & Michalová, A. (2005). *Pohánka a proso*. Praha: ÚZAPI, 206 p.
24. Mziray, R. S., Imungi, J. K., & Karuri, E. G. (2001). Nutrient and antinutrient contents of raw and cooked *Amaranthus hybridus*. *Ecology of Food and Nutrition*, *40*, 53-65. <https://doi.org/10.1080/03670244.2001.9991637>
25. Nehra, V., Marietta, E., & Murray, J. (2005). Celiac Disease. In *Encyclopedia of Human Nutrition*.
26. Ogwu, M. C. (2020). Value of *Amaranthus* [L.] Species in Nigeria. In *Nutritional Value of Amaranth* (p. 37). IntechOpen: London, UK. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86990>
27. Powell, D. W. (2008). Approach to the patient with diarrhea. In *Principles of Clinical Gastroenterology* (pp. 323-324). Yamada, T., Alpers, D. H., Kalloo, A. N., Kaplowitz, N., Owyang, C., & Powell, D. W. Wiley-Blackwell Edition, UK, 662 p.
28. Rashid, M., & Lee, J. (2016). Tests sérologiques dans la maladie coeliaque: Guide pratique à l'usage des cliniciens. *Canadian Family Physician*, *62*, e11-7.
29. Rampertabs, D., Pooran, N., Brar, P., Singh, P., & Green, P. H. (2006). Trends in the presentation of celiac disease. *American Journal of Medicine*, *119*, 355.e9-14.
30. Real, A., Comino, I., Lorenzo, L., Merchán, F., Gil-Humanes, J., Giménez, M. J., López Casado, M. Á., Torres, M. I., Cebolla, Á., Sousa, C., Barro, F., & Pistón, F. (2012). Molecular and immunological characterization of gluten proteins isolated from oat cultivars that differ in toxicity for celiac disease. *PLoS One*, *7*(12), e48365.
31. Rostom, A., Murray, J. A., & Kagnoff, M. F. (2006). American Gastroenterological Association (AGA) Institute Technical Review on the Diagnosis and Management of Celiac Disease.
32. Ruth ON, Unathi K, Nomali N, Chinsamy M. (2021). Underutilization versus nutritional-nutraceutical potential of the *Amaranthus* food plant: A mini-review. *Appl. Sci.*, *11*, 6879. doi:10.3390/app11156879.

33. Schuppan, D., Dennis, M., Kelly, C. (2005). Celiac disease: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and nutritional management. *Nutr. Clin. Care*, 8(2), 54-69.
34. Schmitz, J., Garnier-Lengline, H. (2008). Diagnostic de la maladie coeliaque. pp. 456-461.
35. Schmitz, J. (2007). Le régime sans gluten chez l'enfant. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 20, 337-344.
36. Srinivasan, U., Jones, E., Weir, D. G., et al. (1999). Lactase enzyme, detected immunohistochemically, is lost in active celiac disease, but unaffected by oats challenge. *Am. J. Gastroenterol.*, 94, 2936-2941.
37. Sokoto, M., Johnbosco, O. (2017). Growth and yield of Amaranths (*Amaranthus* spp.) as influenced by seed rate and variety in Sokoto, Nigeria. *Arch. Agric. Environ. Sci.*, 2, 79-85.
38. Szajewska, H., Chmielewska, A., Piescik-Lech, M., Ivarsson, A., Kolacek, S., Koletzko, S., et al. (2012). Systematic review: Early infant feeding and the prevention of celiac disease. *Aliment. Pharmacol. Ther.*, 36, 607-618.
39. Thompson, T. (2008). *The Gluten-Free Nutrition Guide*. McGraw-Hill Edition, USA, 245 p.
40. Vincent, A., Grande, F., Compaoré, E., Amponsah Annor, G., Addy, P.A., Aburime, L.C., Ahmed, D., Bih Loh, A.M., Dahdouh Cabia, S., Deflache, N., Dembélé, F.M., Dieudonné, B., Edwige, O.B., Ene-Obong, H.N., Fanou Fogny, N., Ferreira, M., Omaghomi Jemide, J., Kouebou, P.C., Muller, C., Nájera Espinosa, S., Ouattara, F., Rittenschober, D., Schönfeldt, H., Stadlmayr, B., van Deventer, M., Razikou Yiagnigni, A., & Charrondière, U.R. (2020). *FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa (2019) User Guide & Condensed Food Composition Table*. FAO, Rome.