

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
Université de Blida 1



Faculté des sciences de la Nature et de la Vie  
Département Agroalimentaire

**Spécialité :** Sécurité alimentaire et assurance qualité.

**Filière :** Sciences alimentaires.

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie.

**En vue de l'obtention d'un diplôme de Master**

**Thème**

**Essai d'incorporation de la farine de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) dans le biscuit en substitution partielle de la farine de blé tendre**

**Réalisé par :**

**Abdessemed Isra**

**Kebilene Chaima**

**Temdja wissam**

**Devant le jury composé de :**

**Présidente**

**KOUIDRI A.**

**MCA, USDB**

**Examinatrice**

**HADJAJ N.**

**MCA, USDB**

**Promotrice**

**AISSAOUI O.**

**MCB, ISTA, USDB**

2021/2022

# Remerciement

En premier lieu, nous remercions le bon *Dieu* de nous avoir donné la force et la volonté pour surmonter toutes les épreuves rencontrées tout au long de notre cursus.

Nos plus profonds remerciements vont à *nos parents*, pour leurs patients, courages, inquiétudes, leurs soutiens. Nous remercions nos parents pour tous les moyens qu'ils nous ont fourni pendant toutes ses années.

Tout d'abord Nos remercions jamais assez notre promotrice *Dr. Aïssaoui Ourida* qui a accepté de travailler avec nous aussi pour son temps consacré pour nous, l'attention et l'aide qu'elle nous a apporté au quotidien pendant la réalisation de ce projet. Merci infiniment madame.

Un grand merci aux membres de jurys *Dr Kouïdri A* et *Dr Hadjaj N* Pour le grand honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail, nous vous sommes très reconnaissants de bien vouloir porter intérêt à ce travail.

Nous tenons à remercier vraiment la chef de département de laboratoire de l'entreprise Bimo *M<sup>me</sup> Djefal Nawel* de nous avoir accepté en tant que des stagiaires au niveau de laboratoire et de nous avoir aidé tous les jours pour réussir ce travail. Ainsi les laborantins *Mr Hakim* et *M<sup>me</sup> Soumia* pour leurs accueils , soutiens et leurs conseils tout au long de notre période de stage.

En particulier, nous adressons nos remerciements à Mr le directeur d'ISTA *Dr. Nabí Mustafa* et le *Pr. Megatli Ismaïn* qui nous ont aidés pour continuer nos études de master. Nous remercions également notre prof *Dr. Mouffok Nassim* pour son soutien, écoute et ses conseils.

Enfin, Nous remercions nos familles, nos sœurs, frères, nos amis et toutes les personnes qui nous ont encouragés, écoutez nos complains tout au long de ce cursus.

# *Dédicaces*

## *Abdessemed Isra*

Je dédié ma réussite à ma petite famille ma mère, mon père et mes petites sœurs

Je dédié aussi à ma grande famille Abdessemed et la famille Addi pour leurs amours, soutiens qui m'ont donnée la force et le courage pendant toutes ces années.

## *Kebilene Chaïma*

Je dédié ce travail à : mon père Ali, ma mère Amina, mes sœurs, mon frère et tout ma famille et mes amis et ma chère : Allam Houda.

## *Temdja wissam*

Je dédié mon travail et ma réussite à mes parents, mes sœurs et mon frère  
En particulier je partage ma réussite avec ma jumelle et ma copine Sebrou Hadjer.

## **Résumé**

L'objectif de cette étude est d'enrichir les biscuits en lui incorporant de la farine de quinoa dans la production du biscuit, à cet effet trois taux d'incorporation ont été réalisés (E1 :15 % farine de quinoa), (E2 : 20% farine de quinoa) et (E3 : 30% farine de quinoa). Les biscuits ont été fabriqués dans le complexe **Bimo** spécialisé dans la fabrication de toutes sortes de biscuits, chocolats et poudre de cacao.

Les propriétés physiques, biochimiques et sensorielles ont été analysées pour les biscuits enrichis, les résultats sont comparés aux biscuits témoins de l'usine.

Aucune différence significative n'a été observée entre les propriétés physiques, biochimiques et sensorielles des différents types de biscuits produit.

D'après les résultats d'analyses le biscuit enrichi avec 30% de farine de quinoa, il est riche en protéines (12.4%), en fibres (3.14%) et à une valeur nutritionnelle intéressante et il est de la bonne qualité.

De cette étude, nous pouvons conclure que le meilleur taux de tiroirs de farine de quinoa dans la formulation des biscuits est de 30%.

**Mots clés :** Farine de quinoa, valeur nutritionnelle, biscuits,

## الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو اثراء البسكويت من نوع كوكيز من خلال دمج دقيق الكينوا مع مكونات البسكويت , و لهذا الغرض تم إضافة ثلاثة تراكيز من دقيق الكينوا على التوالي : ( النوع الأول : 15% دقيق الكينوا ), (النوع الثاني : 20% دقيق الكينوا ), (النوع الثالث : 30% دقيق الكينوا ).

تم صنعهم في مجمع بيمو الهيكل المتخصص في صنع جميع أنواع البسكويت و الشكولاتة و كذلك الكاكاو، تم تحليل الخصائص الفيزيائية، الكيميائية الحيوية و الحسية للبسكويت مع مقارنتهم جميعا بالبسكويت الشاهد للمصنع .

لم يلاحظ أي اختلاف بين الخصائص الفيزيائية و الكيميائية الحيوية و الحسية لمختلف أنواع البسكويت المنتجة .

من خلال تحليل النتائج بشكل عام النوع الثالث من البسكويت الذي يحتوي على 30% من دقيق الكينوا هو الاغنى من حيث البروتينات و القيمة الغذائية و ذو جودة حسية جيدة.

من هذه الدراسة يمكننا الاستنتاج ان افضل معدل لادراج دقيق الكينوا في صياغة البسكويت هو 30%.

**الكلمات المفتاحية :** دقيق الكينوا , القيمة الغذائية , البسكويت.

## **Abstract**

The objective of this study is to enrich the biscuits by incorporating quinoa flour in the production of the biscuit, for this purpose three different integration rates were made (E1:15% quinoa flour with 85% wheat flour), (E2: 20% quinoa flour with 80% wheat flour) and (E3: 30% quinoa flour with 70% wheat flour). They were manufactured in the Bimo structure complex specialized in the manufacture of all kinds of cookies, chocolates and cocoa powder.

The physical, biochemical and sensory properties were analyzed for the enriched cookies, all compared to the factory controls.

No difference was observed between the physical, biochemical and sensory properties of the different types of biscuits produced. The cookie enriched with 30% quinoa flour is the richest in terms of protein, fat, energy, nutritional value and taste; By analyzing the results in the cookies.

From this study, we can conclude that the best rate of drawers of quinoa flour in the formulation of cookies is 30%.

**Key words:** Quinoa flour , nutritional value, Biscuit

# SOMMAIRE

## Liste des abréviations

## Liste des tableaux

## Liste des figures

Introduction .....	1
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique	
I. Quinoa .....	3
I.1 Présentation .....	5
I.2 Historique .....	6
I.3 quinoa un aliment précieux pour l'avenir .....	4
I.3.1 Production mondiale du quinoa.....	6
I.3.2 La culture de quinoa.....	7
I.3.4 Utilisation de Quinoa .....	11
I.4 Le saponine .....	13
I.5 Prix du Quinoa .....	14
I.6 Biscuit.....	15
I.6.1 Généralité sur le biscuit.....	15
I.6.2 Définition des biscuits.....	15
I.6.3 Classification des biscuits .....	15
I.6.3 La fabrication du biscuit.....	16
I.7 Technologie de fabrication des biscuits .....	19
I.7.1 Critères de qualité des biscuits .....	21
I.7.2 La composition nutritionnelle du biscuit.....	22
I.8 Les aliments fonctionnel .....	23
Chapitre II : Matériel et Méthodes	
II.1 Matières utilisés .....	26
II.1.1 Préparation de la farine de quinoa .....	26
II.2 Analyses physico-chimiques des matières premières et produits fini .....	27
II.2.1 Détermination de la teneur en eau .....	27
II.2.2. Détermination de pH.....	27
II.2.3. Détermination du taux de cendre .....	28
II.2.4 Détermination de l'acidité grasse.....	29
II.2.5. Détermination de l'acidité titrable de la poudre de lait.....	30
II.2.6 Détermination du taux de gluten sec.....	30
II.2.7 Détermination du taux de protéine.....	31
II.2.8 Extraction et dosage de la matière grasse .....	32

II.2.10	Détermination du taux de fibres.....	33
II.2.11	Détermination de la valeur énergétique .....	34
II.3	Les analyses microbiologiques de la matière première et du produit fini .....	34
II.3.1	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	35
II.3.2	Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur.....	36
II.3.3	Recherche de Salmonella.....	37
II.3.4	Recherche et dénombrement des levures et moisissures .....	38
II.3.5	Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase + .....	38
II.4	Conception de l'aliment fonctionnel « Biscuit type cookies » .....	39
II.4.1	Présentation du produit fabriqué.....	39
II.4.2	Les étapes de fabrication des cookies enrichis .....	40
II.4.3	Diagramme de fabrication du biscuit .....	42
II.4.4	Méthodes d'analyses du produit fini.....	43
II.4.4.1	Echantillonnage.....	43
II.4.4.2	Les analyses physico-chimiques .....	43
II.4.4.3	Les analyses microbiologiques .....	43
II.5	Caractères physiques du biscuit .....	43
II.6	Caractères organoleptiques du biscuit .....	44
II.6.1	Modalités d'évaluation sensorielle .....	44
II.7	Etude économique de l'aliment fonctionnel .....	45
II.8	Etude statistiques .....	45
<b>CHAPITRE III : Résultats et discussion</b>		
III.1	Résultats.....	69
III.2	Caractérisation physico-chimiques des matières premières .....	69
III.2.1	La farine.....	69
III.2.2	Le quinoa .....	70
III.2.3	La poudre de lait .....	71
III.2.4	Résultats microbiologiques de la farine de quinoa .....	72
III.3	Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques du produit fini .....	73
III.3.1	Résultats des analyses physico-chimiques.....	73
III.3.2	Résultats d'analyses microbiologiques de produit fini.....	80
III.4	Résultats organoleptiques .....	82
III.5	Résultats des analyses physiques.....	87
III.6	Résultat de l'étude économique.....	87
III.2	Discussion.....	89
	Conclusion.....	93
	Références bibliographique	



## Annexe

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

**AFNOR** : Association française de normalisation.

**BIMO**: Biscuiterie modern.

**CM**: centimeters

**FAO**: Food and agriculture organization.

**FQ**: Farine de quinoa

**G** : Gramme.

**ISO** : Organisation international de normalisation.

**ISTA**: Institut des sciences et techniques appliqués en agroalimentaire.

**LHB** : Laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

**MM** : millimètres

**N** : Normalité.

**NA** : Norme Algérienne.

**NF**: Norme française.

**SARL** : Société à responsabilité limitée

**UFC** : Unité forme colonie

**ONU** : Ensemble générale des nations unies

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : classification scientifique du quinoa .....	7
<b>Tableau 2</b> : Nombre de nutriments pour 100 g de quinoa .....	9
<b>Tableau 3</b> : Composition du quinoa non cuit par rapport aux autres nutriments dans 100 g .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Tableau 4</b> : Profils d'acides aminés essentiels du quinoa et du riz crus, et schémas suggérés des besoins pour les adultes (g/100 g de protéines) .....	11
<b>Tableau 5</b> : Les prix 2007-2014 pour les principaux pays producteurs Pérou, Bolivie et Equateur. Source.....	14
<b>Tableau 6</b> : La température et la modification physico-chimique durant la cuisson des biscuits .....	21
<b>Tableau 7</b> : Valeurs nutritionnelles et énergétiques pour 100g de biscuit. ....	23
<b>Tableau 8</b> : Les germes recherchés dans la matière première et produit fini. ....	34
<b>Tableau 9</b> : La composition du biscuit avec les différents pourcentages d'enrichissements. ....	39
<b>Tableau 10</b> : Résultats d'analyses physico-chimiques de la farine. ....	70
<b>Tableau 11</b> : Résultats d'analyses physico-chimiques du quinoa .....	70
<b>Tableau 12</b> : Résultats d'analyses de la poudre de lait .....	71
<b>Tableau 13</b> : Caractéristiques microbiologique de la farine de quinoa. ....	72
<b>Tableau 14</b> : Résultats d'analyses physico-chimiques du produit fini .....	73
<b>Tableau 15</b> : Résultats d'analyses microbiologiques du produit fini. ....	81
<b>Tableau 16</b> : résultats des analyses physiques des biscuits .....	87
<b>Tableau 17</b> : Étude économique du biscuit enrichi en quinoa.....	88

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Quinoa en champ paysan 26/04/2002, province d'Achacachi, Bolivie .....	6
<b>Figure 2 :</b> Lac Titicaca.....	3
<b>Figure 3 :</b> Slogan de la campagne pour l'année internationale du quinoa.....	5
<b>Figure 4 :</b> Principaux pays importateurs du quinoa au monde en 2012. ....	7
<b>Figure 5 :</b> Feuille, racine et grains de quinoa. ....	8
<b>Figure 6 :</b> Structures des saponines : un stéroïde (a) et un triterpénoïde (b). ....	13
<b>Figure 7 :</b> Produit utilisé Quinoa de la marque « BONAFID ».....	26
<b>Figure 8 :</b> Les étapes de transformation du quinoa en farine. ....	27
<b>Figure 9 :</b> Les étapes de fabrication de biscuit. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 10 :</b> Le façonnage, la cuisson et l'emballage des cookies. ....	41
<b>Figure 11 :</b> Diagramme de fabrication de biscuit type « CookieBimo ».....	43
<b>Figure 12 :</b> la dégustation du biscuit de l'appart des étudiants et des enseignants au niveau d'ISTA. ....	45
<b>Figure 13 :</b> les trois formulations de biscuits avec le témoin. ....	69
<b>Figure 14 :</b> Résultats des analyses physico-chimiques de la farine....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 15 :</b> Analyse du gluten de la farine de quinoa.....	71
<b>Figure 16 :</b> Résultats d'analyses microbiologiques de la farine de quinoa. ....	73
<b>Figure 17 :</b> Résultats d'analyses de l'humidité des biscuits témoins et enrichis en quinoa. ....	75
<b>Figure 18 :</b> Résultats d'analyses de pH des biscuits témoins et enrichis en quinoa. ....	76
<b>Figure 19 :</b> Résultats d'analyses des cendres des biscuits témoins et enrichis en quinoa. ....	77
<b>Figure 20 :</b> Résultats d'analyses de la matière grasse des biscuits.....	77
<b>Figure 21 :</b> Résultats d'analyses de protéines des biscuits enrichis. ....	78
<b>Figure 22 :</b> Résultats d'analyses des glucides des biscuits enrichis. ....	79
<b>Figure 23 :</b> Le taux de fibres des biscuits témoin et enrichis en quinoa.....	79
<b>Figure 24 :</b> La valeur énergétique des biscuits enrichis en quinoa.....	80
<b>Figure 25 :</b> Résultats d'analyses microbiologiques des biscuits .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 26 :</b> Résultats d'évaluation de la couleur des biscuits.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 27 :</b> Résultats d'évaluation de l'odeur des biscuits. ....	84
<b>Figure 28 :</b> Résultats de l'évaluation du goût des biscuits. ....	85
<b>Figure 29 :</b> Résultats de l'évaluation de la texture des biscuits.....	86

# **INTRODUCTION**

## Introduction

La malnutrition est définie comme un état physiologique pouvant devenir pathologique par carence ou surconsommation d'un ou plusieurs nutriments. Lorsque les apports caloriques ou l'équilibre nutritionnel ne suffisent pas à ses besoins, le sujet risque de développer une dénutrition (**Encarta Encyclopédie ,2005**).

Le biscuit est un produit de boulangerie généralement consommé avec du thé. Il est également utilisé comme aliment de plaisir pour les nourrissons et les écoliers qui présentent souvent une insuffisance pondérale et les utilisent à l'heure du goûter. Cependant, la plupart de ces aliments proviennent de source moindre, ce qui entraîne un mauvais apport nutritionnel insuffisant (**AKPAPUNNAM ET DARBE ,1994 ; ALOBA,2001**).

En effet, la faible valeur nutritionnelle des biscuits est une préoccupation majeure car les biscuits sont les collations les plus consommées par les écoliers qui ont besoin de plus de protéines et de minéraux tels que le calcium, le phosphore et le fer par unité de poids corporel. En tant que produit alimentaire prêt à la consommation , il est important d'être enrichi en vitamines et en minéraux (**ELIZABETH et al. ; 1999**) et enrichi avec d'autres sources de protéines telles que les oléagineux et les légumineuses. Ceci aide à produire des biscuits adéquats et de haute valeur biologique en termes de protéines et de minéraux.

Le Quinoa (*Chenopodium Quinoa .willd*) est une plante d'origine des Andes en Amérique du sud (région du lac Titicaca), principalement au Pérou et Bolivie. Cette culture constituait un aliment de base des populations entre 3000 et 5000 ans avant J.C. Le développement du quinoa était bien avancé et réparti sur tout le territoire des Incas. Avec l'arrivée des Espagnols, cette culture fût remplacée par les céréales (**ANONYME, 2014**).

La production mondiale de quinoa atteinte les dernières années environ 80 milles tonnes dans une superficie de 100 milles hectares). Les pays les plus productifs de quinoa au monde sont surtout le Pérou et la Bolivie, puis les Etats-Unis, Canada et Chili ( **ANONYME 1**).

Le quinoa contient plus de protéines, de calcium, de magnésium, de potassium, Fer et zinc et vitamines A et E que le blé, le maïs, l'orge, le riz et l'avoine. De plus, le quinoa est sans gluten et la seule plante comestible connue pour fournir acides aminés majeurs (**DIAZ, 2015**)

C'est dans cet objectif que nous envisageons la fabrication d'un type de biscuit en lui incorporant le quinoa en vue d'améliorer la valeur nutritive de ce produit du fait de la richesse de ce pseudo-céréale en éléments intéressant. **Alors comment peut-on améliorer la qualité nutritionnelle et organoleptique des biscuits par rapport aux biscuits qui existent sur le marché**

## **Algérien ? Comment sont-ils préparés ? Sont-ils bénéfiques pour la santé humaine et quelle est la différence entre les biscuits non enrichis et enrichis ?**

Le but de cette étude est d'évaluer l'enrichissement de biscuit en quinoa dont les objectifs suivants :

- ✚ Etude de la faisabilité technologique sur un exemple de biscuit (cookies).
- ✚ Caractérisation organoleptique de biscuit.
- ✚ Etude de l'amélioration de la valeur nutritionnelle de biscuit.
- ✚ Comparaison des biscuits enrichis en quinoa avec des biscuits non enrichis.

Ce travail hormis l'introduction et la conclusion, est structuré en trois parties :

- La première partie consiste à une recherche bibliographique sur le quinoa et le biscuit.
- Dans la deuxième partie exposée la démarche expérimentale.
- Les résultats sont ensuite développés dans une troisième partie où ils sont discutés.

# **CHAPITRE I : Synthèse bibliographique**



## I. Quinoa

### I.1 Historique

Le quinoa (*Chenopodium Quinoa. willd*) est une herbe annuelle originaire de La région andine d'Amérique du Sud, plus précisément autour du lac Titicaca. Planté du niveau de la mer à près de 4000 mètres d'altitude. Le quinoa est Il est actuellement considéré comme un "pseudo-grain". (HERBILLON, 2015). Selon des preuves historiques, le quinoa a été domestiqué il y a plus de 7 000 ans. Il y a des milliers d'années par les peuples andins par les peuples autochtones. Cette Les plus anciens restes de quinoa trouvés à Ayacucho, au Pérou, datant de 3 000 ans Ces traces ont été retrouvées en Bolivie 750 ans avant J-C (GALWEY et al, 1990 IN HERBILLON, 2015).

Le quinoa est un des plus anciennes cultures dans le continent américain. Les archéologues ont trouvé au Chili que le quinoa était utilisé avant 3000 JC. A Ayacucho, Pérou évidemment ont obtenu que le quinoa était cultivé avant 5000 JC. Généralement le quinoa était cultivé aux régions des andéens ; au Colombie, Equateur, Pérou, Bolivie et Chili avant la conquête des espagnoles (JANCUROVA et al, 2009).

Les colons espagnols, arrivés dans ces contrées au début de 16ème siècle, n'avait pas trouvés ces cultures dignes d'intérêt et n'avaient donc pas jugé opportun d'en charger quelques quintaux dans les cales de leurs imposants navires. Alors que les descendants des Incas ont continué à cultiver le quinoa à travers les siècles, la « Graine des Incas » restée totalement méconnue sur le vieux continent. Jusqu'à récemment, lorsque l'on découvrit ses extraordinaires propriétés nutritives (BENOIT ; 2013).



**Figure 1** : Lac Titicaca ([www.globalement.com/quechuas-iles-latiticaca](http://www.globalement.com/quechuas-iles-latiticaca))

La culture de quinoa est apparue en Europe début des années 2000. Plusieurs essais ont été menés avec des centres de recherche pour adapter la sélection des semences à des conditions pédoclimatiques de l'Europe. Actuellement, on retrouve du quinoa dans les pays comme la France, Grande-Bretagne, l'Allemagne et les Pays-Bas (**VANDEWYNCKEL,2015**)

## **I.2 quinoa un aliment précieux pour l'avenir**

Selon (**PEREZ et al. 2010**), la santé humaine et la sécurité alimentaire est une préoccupation mondiale. Dans les prochaines années les écosystèmes connaissent des cataclysmes climatiques, par conséquent, une diminution de la production alimentaire. Les populations mondiales devraient atteindre plus de 9 milliards d'habitants et la demande alimentaire augmentera de 70-100 % d'ici 2050 (**TILMAN et al., 2002 ; GODFRAY et al., 2010**). En 2014, une personne sur huit souffre de malnutrition chronique **selon la FAO, FIDA et WTP**, où le diabète, l'obésité et d'autres troubles métaboliques atteint un taux épidémique mondial (**NGUYEN ET LAU, 2012 ; ZIMMET et al., 2014**).

De plus, l'âge médian de la population devrait également augmenter progressivement (projeté à 31,1 ans en 2050 et 26,6 ans en 2000 (**LUTZ et al., 2008**), ce qui pourrait conduire à l'augmentation de la prévalence des maladies liées à l'âge telles que les maladies cardiovasculaires. Dans ce cas, la nourriture apparaît comme une solution de combat abordable pour combattre la faim, la malnutrition et les maladies. Promouvoir la culture du quinoa à améliorer les moyens de subsistance de diverses communautés à travers le monde, améliorant la disponibilité du quinoa et sensibilisant les personnes à ses bienfaits pour la santé est décisif (**GRAF et al.,2015**).

Reconnaissant ces besoins, l'assemblée générale des Nations Unies a annoncé en 2013 l'année internationale du quinoa(**Figure3**) avec le peuple andin qui a passé leur savoir-faire et leur mode de vie avec la nature, entretenus et préservés, nourrir les générations présentes et futures (**FAO ,2012 ,2014**). Grâce à la promotion et grâce à ses qualités nutritionnelles, ses bienfaits pour la santé et sa capacité d'adaptation au changement climatique, l'ONU lui a consacré une journée internationale.



**Figure 2 :** Slogan de la campagne pour l'année internationale du quinoa (HERBILLON, 2015)

### I.3 Présentation de la plante

Le quinoa est la graine du *Chenopodium Quinoa Willd.* (*Codes Alimentarius*, 2018) une culture de semences traditionnellement cultivé dans la région andine depuis plusieurs milliers d'années. Les graines peuvent être utilisées pour l'alimentation humaine ou animale en raison de sa haute valeur nutritionnelle (REPO-CARRASCO et al., 2003), Payable à sa valeur nutritive importante et sa capacité à s'adapter à une large gamme des conditions agro-écologiques, la culture du quinoa devient de plus en plus intéressante dans le monde (JACOBSEN, 2011).

Le quinoa a été sélectionné par la FAO comme l'une des cultures destinées à assurer la sécurité alimentaire (JACOBSEN, 2003). De plus, les plants de quinoa montrent une tolérance au gel, à la salinité et la sécheresse, et ont la capacité de pousser sur des sols marginaux (BERTERO et al., 2004).

Une haute valeur nutritionnelle des graines de quinoa est principalement due à la teneur élevée en protéines et large gamme de minéraux et de vitamines (FLEMING and GALWEY, 1995). Les protéines des graines de quinoa sont riches en acides aminés acides comme la lysine, la thréonine et la méthionine qui sont déficients en céréales. La graine est utilisée pour fabriquer différents produits alimentaires y compris les pains, les biscuits, les crêpes, les muffins, les pancakes et les tortillas. Plus récemment, l'attention s'est portée sur le quinoa pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque, comme alternative à les céréales blé, seigle et orge, qui contiennent toutes du gluten (JACOBSEN, 2003).



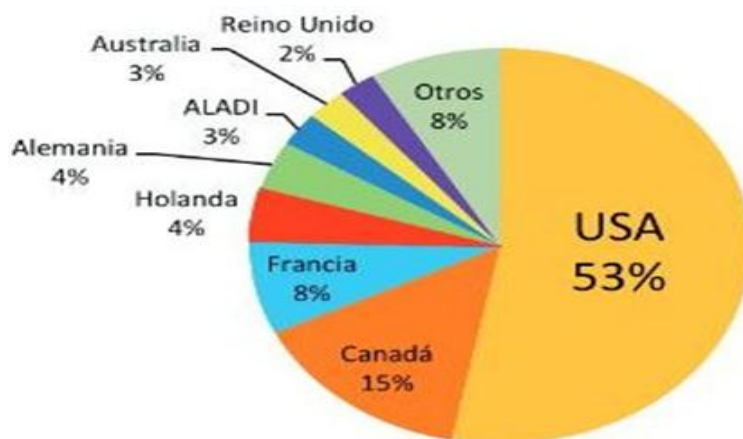
**Figure 3:** Quinoa en champ paysan 26/04/2002, province d'Achacachi, Bolivie (photo : DEL CASTILLO,2002)

### I.3.1 Production mondiale du quinoa

La production mondiale de quinoa est de 80 000 tonne/an, 90 % proviennent de pays situés dans les Andes : la Bolivie et le Pérou, 6 % des Etats Unis (GERMAN, 2018).

Le quinoa était cultivé originalement au sud de l'Amérique depuis longtemps, de la Colombie vers le Chili, mais principalement au Bolivie, Pérou et Equateur. Aussi à moindre échelle aux Etats Unis, Canada, Kenya, Inde, Népal, Emirats Arabes Unis et aux divers pays européens; Angleterre, France, Danemark, Suède, Pays-Bas et l'Italie ([www.giz.de](http://www.giz.de)).

Selon la base de données FAOSTAT, la superficie de culture de quinoa et la production mondiale dans les principaux pays producteurs de quinoa, La Bolivie, Le Pérou et l'Equateur, sont augmentées en double et triple entre les années 1992-2010. La culture du quinoa actuellement existe dans plus de soixante-dix pays à travers le monde ([www.afkarsy.com](http://www.afkarsy.com)).



**Figure 1** : Principaux pays importateurs du quinoa au monde en 2012 (FAGANDINI, 2014).

L'introduction du quinoa au pays de Proche-Orient et l'Afrique du nord était fait par un projet de la FAO en 2014, les pays concernés par ce projet sont : Algérie, Egypte, Iraq, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan et Yémen (ONU Algérie, 2014).

### I.3.2 La culture de quinoa

Le quinoa est une plante proche parent d'une mauvaise herbe commune, le chénopode blanc (*Chénopodium album. L*) (FERDINAND ET MEL, 1992). Cette mauvaise herbe dite localement Ghebbar Dahrou.

#### 1) Classification botanique

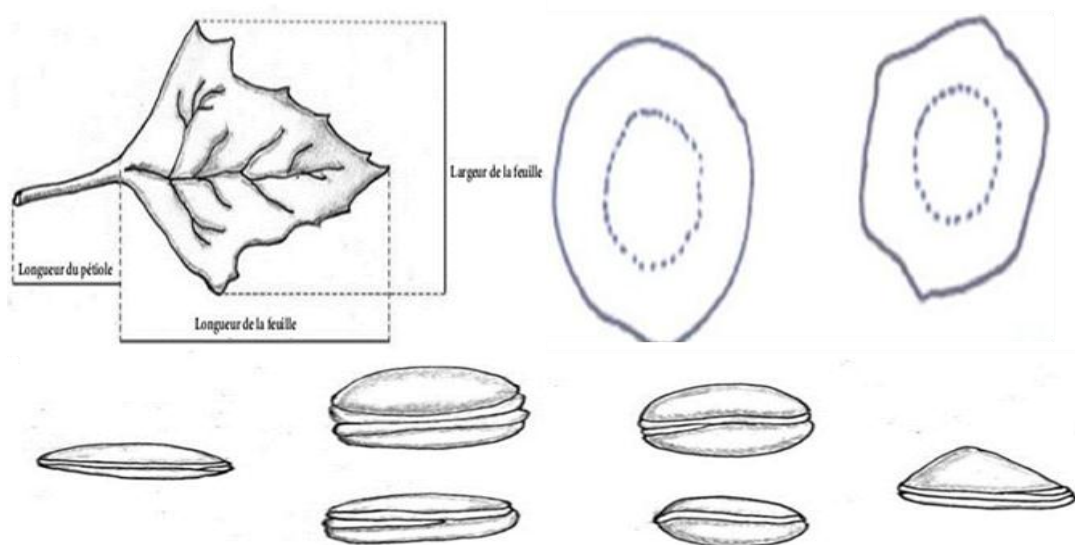
La classification botanique du quinoa est mentionnée dans le **tableau 01**.

**Tableau 1** : classification botanique du quinoa (HERBILLON, 2015)

Règne	Plantae
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsidae</i>
Sous-classe	<i>Caryophyllidae</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Chenopodiaceae</i>
Genre	<i>Chenopodium</i>

## 2) Morphologie de la plante (Bioversity international.org)

**Le système racinaire du quinoa :** est pivotant son pivot n'est pas puissant comme par exemple celui du colza. Le pivot peut atteindre 30 cm. Le quinoa a une tige de forme cylindrique ou angulaire qui peut atteindre une taille de 0,5 cm à 1,5 cm selon les variétés et les conditions de croissance. Les feuilles sont alternées et ont des losanges, des triangles ou lancéolées, plates ou ondulées, à chair tendre (REJAIBI et al 2015). Grains de quinoa agrégés en disques plats d'environ 2 mm de diamètre (www.vulgarisation.net) et enrobé de saponines, résine amère répulsive peuvent être cultivées sans traitement. (Figure 5)



**Figure 2 :** Feuille, racine et grains de quinoa (Anonyme 2).

### I.3.3 Composition chimique de grains de quinoa

Les graines de quinoa sont un aliment de base pour les peuples andins d'Amérique du Sud. Sud pendant des milliers d'années. Il y a quarante ans, l'Europe la plante et ses propriétés nutritionnelles remarquables ont été redécouvertes. Le quinoa est souvent associé à des céréales comme le blé, le riz ou le maïs (plantes monocotylédones) *Poaceae*), il est donc considéré aujourd'hui comme un "faux grain". Cependant, en tant que membre de la famille Amarante (précédemment placée dans cette Quinoa), le quinoa produit des graines dicotylédones uniques. Les pseudo céréales sont des plantes dont les graines ont la particularité de ressembler à celles des céréales, de par leurs fonctions et leur composition. Ce groupe comprend trois cultures : l'amarante (*Amaranthus spp.*, *Amaranthaceae*), le quinoa (*Chenopodium quinoa*, *Amaranthaceae* – anciennement *Chenopodiaceae*) et le sarrasin (*Fagopyrum esculentum*, *Polygonaceae*) (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

En général, de fortes variations de la teneur en éléments nutritifs du quinoa ont été observées pour 100 g de portion comestible sur la base du poids frais, par exemple : protéines (9,1–15,7 g), matières grasses totales (4,0–7,6 g) et fibres alimentaires (8,8–14,1 g). Les variations des valeurs nutritives entre les différentes variétés et entre les différentes sources de données étaient considérables, comme le (tableau 2) montre.

**Tableau 2 :** Nombre de nutriments pour 100 g de quinoa (PULVENTO *et al.*, 2012)

Nutriments	Proximités et fractions	%
Eau	84	10
Glucides	38	4
Sucres	10	1
Polysaccharides	16	2
Fibres alimentaires	85	10
Cendre	57	7
Matières grasses totales	58	7
Acides gras et agrégats	76	9
Composants gras	6	1
Protéine	57	7
Acides aminés et agrégats	93	11
Acides organiques	11	1
Vitamines	11	1
Minéraux et oligo-éléments	91	11
Flavonoïdes	47	5
Acides phénoliques	40	5
Saponines	36	4
Phospholipides	10	1
Autre	36	4
Total	862	100

**Tableau 3** : Composition du quinoa non cuit par rapport aux autres nutriments dans **100 g**  
(U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2013)

Nutriments	Quinoa, non cuit	Maïs jaune	Blé dur	Riz blanc
Énergie (kJ)	1493	1531	1436	1501
Energie (Kcal)	354	363	340	354
Eau (g)	13.3	10.4	9.6	11.7
Protéine total (g)	14.1	9.4	11.3	6.8
Matières grasses totales (g)	6.1	4.7	1.7	0.7
Glucides disponibles en (g)	57.2	67.0	63.7	79.7
Fibres alimentaires totales (Prosky et méthodes similaires) (g)	7.0	7.3	12.2	0.6
Cellulose brute (g)	NA	NA	NA	NA
Cendre (g)	2.4	1.2	1.5	0.5



**Tableau 4 :** Profils d'acides aminés essentiels du quinoa et du riz crus, et schémas suggérés des besoins pour les adultes (g/100 g de protéines) **NOWAK ET AL. / FOOD CHEMISTRY 193)**

Acides aminés	Quinoa, non cuit	Riz blanc	Maïs jaune	Exigences pour les adultes
His	2.9	2.4	3	1.5
Ile	3.6	4.3	3.6	3
Leu	5.9	8.3	12.3	5.9
Lys	5.4	3.6	2.8	4.5
Met	2.2	2.4	2.1	1.6
Cys	1.4	2	1.8	0.6
Phe + Tyr	6.1	8.7	9	3.8
Thr	3.3	6	3.8	2.3
Val	4.2	6.1	5.1	3.9

### I.3.4 Utilisation de Quinoa

#### a. Alimentation humaine

Avant toute utilisation de grains de quinoa il faut l'enlèvement de saponine (**EL HAFID, 2005**). Les grains du quinoa sont utilisés pour préparer des repas après l'enlèvement de la saponine, en l'ajoute au menu des salades, de la viande, du poulet et du poisson, il peut aussi utiliser pour préparer des gâteaux (**KABALANE ET BERIDI, 2016**). Ces graines (du quinoa) constituent une bonne source de magnésium, de zinc, de cuivre, de potassium et de manganèse. Les graines du quinoa sont consommées comme le riz ou transformées en farine pour la fabrication des pains, pâtes, bière, etc. Ses feuilles sont aussi utilisées comme les épinards dans l'alimentation humaine (**SIBOMANA, 2017**).

#### b. L'industrie

Selon **CHACHERLI ET SALEH (2015)** le quinoa entre dans des préparation des produits de l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Egalement pour l'extraction des huiles alimentaires et fabrication de farine panifiable en mélange avec la farine du blé (**ZAKI, 2015**). Le poudre de quinoa contient les saponines est utilisée dans la fabrication du savon, des champings, de la dentifrice et détergents (**ROJAS ET AL, 2004**).

### c. Intérêt scientifique

En 1993, la NASA a déclaré le quinoa comme plante idéale pour les missions dans l'espace, c'est ce qui a rendu le quinoa mondialement célèbre (GERMAN, 2018).

### d. Ecologie

Le changement climatique (sécheresse, manque de pluie et augmentation de la salinité du sol) affecte la production de céréales traditionnelles (blé, riz et orge). La culture du quinoa peut remplacer les céréales car il peut pousser dans ces conditions, il fournit donc de la nourriture supplémentaire et la possibilité de valorisation des sols salins et asséchants (agronomy.inf). Les résultats obtenus montrent que le quinoa peut être utilisé pour le traitement des fermes et terres abandonnées en raison de la forte salinité des cultures traditionnelles (BELAID, 2017).

### e. Domaine de la santé

Le quinoa est un produit sans gluten et sans cholestérol (AISSA, 2014 ; CAHLI ET SALEH, 2015). Selon (RODRIGUESE, 2015) le quinoa est un aliment sain des personnes atteintes de la maladie cœliaque. Est un excellent aliment pour les diabétiques, et réduit les problèmes cardiovasculaires et d'obésité (GORDILLO et al., 2016, MARRELLI ET AL., 2016).

### f. Domaine cosmétique

Les experts en nutrition considèrent le quinoa parmi les meilleurs produits antioxydants qu'on peut utiliser dans notre ration alimentaire, et il est très recommandé pour les végétariens. Aussi le quinoa a beaucoup d'utilisation dans le domaine des produits cosmétiques au-delà de ses vertus nutritionnelles adaptées aux régimes sans gluten, il pourrait apporter une importante source de molécules naturelles pouvant être exploitées pour des applications cosmétiques. Les saponines présentes dans le quinoa sont des composant qui ralentissent le vieillissement et améliore la santé métabolique (AL ARABIYA, 2015 ; POUYAT, 2018).

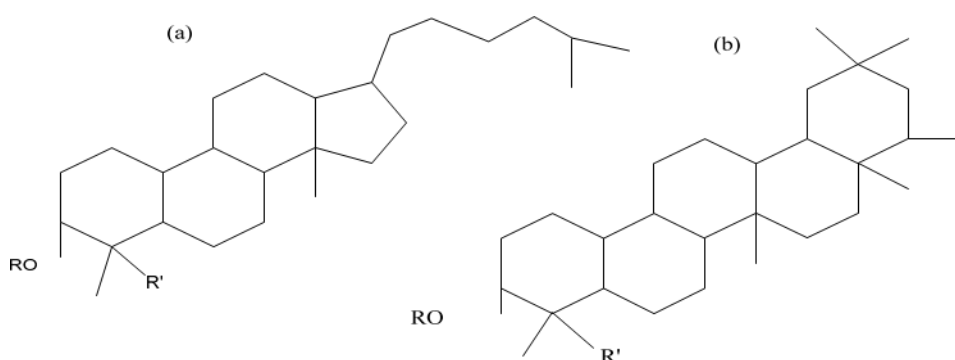
### g. Aliment de bétail

Le quinoa peut être utilisé comme aliment des bovins (CORNAI et al., 2007. CAUDA et al., 2013 in REJAIBI et al., 2015). Selon CHAHERLI ET SALEH (2015), RODRIGUEZ (2015), Belaid (2017), la plante de quinoa est considérée comme une plante fourragère alternative dans les zones affectées par la salinité (BELAID, 2017). La plante ou les résidus de récolte

de quinoa sont utilisés entièrement ou partiellement comme fourrage vert pour les animaux (les bovins, les ovins et les volailles) à cause de son haute valeur nutritive (**DAWS et al MOALLEM, 2018**)

#### I.4 Le saponine

Les saponines sont un groupe de molécules entièrement naturelles produites par certains animaux et certaines plantes (quinoa, lierre, soja, salsepareille, etc.). Selon la source et le type de saponine, elle peut être plus ou moins toxique. Cependant, il ne présente aucun danger pour l'homme, il est seulement dangereux pour certains animaux à sang froid, comme les poissons ou les insectes, d'en consommer en grande quantité. ([www.le monde du quinoa.fr](http://www.lemondeduquinoa.fr))



**Figure 3** : Structures des saponines : un stéroïde (a) et un triterpénoïde (b).

Les saponines sont un groupe important trouvé dans le quinoa de *Chenopodium*. Ils représentent un obstacle pour l'utilisation du quinoa dans l'alimentation humaine et animale en raison de son goût amer et de ses effets toxiques, ce qui nécessite leur élimination (**REPO-CARRASCO-VALENCIA, R.;2003**). Plusieurs méthodes d'élimination des saponines ont été examinées lessiver les saponines des graines de quinoa ; la technique humide reste la plus utilisée à la fois niveau laboratoire et industriel. Méthodes sèches (traitement thermique, extrusion, torréfaction ou mécanique abrasion) et des méthodes génétiques ont également été évaluées. L'extraction des saponines de quinoa peut être effectuée par plusieurs méthodes ; les technologies conventionnelles telles que la macération et le Soxhlet sont les méthodes les plus utilisées. Cependant, des recherches récentes se sont concentrées sur les technologies pour améliorer l'efficacité de l'extraction. Au moins 40 structures de saponines du quinoa ont été isolées dans le passé 30 ans, les entités moléculaires dérivées étant essentiellement les acides phytolaccagène, oléanolique et serjanique, hédéragénine, acide 3 $\beta$ ,23,30 trihydroxy oléan-12- $\eta$ n-28-oïque, acide 3 $\beta$ -hydroxy-27-oxo-oléan-12 $\eta$ n-28-oïque, et l'acide 3 $\beta$ ,23,30 trihydroxy oléan-12- $\eta$ n-28-oïque. Ces métabolites présentent un large éventail de propriétés biologiques activités, telles que les propriétés molluscicides, antifongiques, anti inflammatoires, hémolytiques et cytotoxiques

( **KHADIJA EL HAZZAMET *al.*, 2020**)

Le quinoa est un produit des Andes depuis des millénaires (**BAZILE ET BAUDRON, 2015**). Au cours des années 1970 et 1980, Consommateurs végétariens en Amérique du Nord et en Europe Adopté en raison de sa qualité de protéines végétales, alors, Dans les années 1990, en tant que produit agricole La biologie, enfin, depuis le début des années 2000, a Commerce équitable (**CARIMENTRAND *et al.*, 2015**). Les propriétés fonctionnelles du quinoa ont également été étudiées Analyse de ses propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires et Anti-tumoral (**LIU *et al.*, 2020**).

Après une forte diminution de sa production entre les années 1960 et 1990, le Pérou est devenu le premier producteur et exportateur au monde, dépassant la Bolivie qui avait créé les conditions pour la reconnaissance et le développement du quinoa. La structuration des filières est très différente entre les deux pays. En Bolivie, les organisations de producteurs se sont structurées au niveau local dès les années 1970, pour pallier les manques relatifs au développement rural dans les politiques publiques de l'État. Cette structuration a permis d'orienter les bénéfices de la filière quinoa d'exportation vers des actions de développement territorial : routes, hôpitaux, écoles, usines de transformation, etc. (**BAZILE *et al.*, 2016**).

### **I.5 Prix du Quinoa**

Le tableau suivant montre les prix d'exportation du quinoa de certains pays producteurs.

**Tableau 5 :** Les prix 2007-2014 pour les principaux pays producteurs Pérou, Bolivie et Equateur. Source (**DIAZ,2015**).

<b>Année</b>	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>US \$ /tonne</b>	1200	2000	3000	3000	3100	3000	4000	6700

## I.6 Biscuit

### I.6.1 Généralité sur le biscuit

Les origines des biscuits et gâteaux remontent à une dizaine de milliers d'années lorsque la bouillie de céréales devient galette, premier aliment susceptible d'être conservé (ZHOU, 2014). Au début c'était des produits consommés par les Pharaons égyptiens, les grecs et les romains. En effet, la biscuiterie est d'origine égyptienne, environ 2500 ans avant JC.

L'étymologie du mot biscuit est donnée par Jean de Joinville (1224-1317), un chroniqueur français et conseiller de Saint-Louis, qui a parlé de ces petits pains cuits deux fois appelés biscuits. C'est un terme venant du latin « *panis biscotus* » qui signifie « pain cuit deux fois » (KABORE, 2012).

### I.6.2 Définition des biscuits

L'origine du mot biscuit est "Bis-Cuit", qui signifie subir une double cuisson. En effet, ce procédé exige que les pâtons soient d'abord cuits comme le pain, puis placés dans les compartiments au-dessus du four pour réduire leur teneur en humidité (ARMAND ET GERMAIN, 1992 ; CHEBLAOUI ET YAHATENE, 2016).

Le biscuit est un produit sec obtenu à partir de la cuisson d'une pâte constituée d'un mélange de farine composée (blé et céréales et/ou légumineuses locales), de matières sucrantes, de matières grasses et de tout autre produit alimentaire, parfums et autres condiments autorisés (fruits, noix, etc.), susceptible après cuisson de conserver leurs qualités organoleptiques et commerciales durant au moins une période supérieure à un mois (ASIEDOU ET THIEKORO, 1991).

### I.6.3 Classification des biscuits

Dans la fabrication des biscuits, il n'existe pas de diverses sortes de production et de diversité des ingrédients pouvant entrer dans les différentes fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson. (KIGER et KIGER, 1967 ; MOHTEDJI-LOMBALAI, 1989 ; FEUILLET, 2000). Dans la fabrication des biscuits, les principaux ingrédients sont, la farine, le sucre, la matière grasse et l'eau. Une variété de forme et de texture peut être produite en changeant les proportions de la farine, de sucre et de la matière grasse (MAACHE-REZZOUG *et al.*, 1998).

- Les pâtes dures ou semi dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse-croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60 % de la consommation de biscuits ;
- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que les boudoirs, les langues de chat et d'articles moelleux tels que les génoises, les madeleines, les cakes, les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses ;
- Les pâtes ayant une forte teneur en lait ou en eau contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes. Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication telles que le pétrissage, le repos et le moulage de la pâte, et enfin la cuisson et le refroidissement des biscuits (**MAA-CHEREZZOUG et al., 1998 ; MANOHAR et RAO, 2002**)

### **I.6.3 La fabrication du biscuit**

#### **A- Matières premières**

La composition des biscuits devient de plus en plus complexe c'est pourquoi l'étude des matières premières est intéressante, chacune influant sur la qualité finale du produit. De plus les fabricants ne cessent d'innover changeant ou améliorant leur procédé de fabrication sur un marché très disputé.

##### **1. La farine**

La farine de blé tendre (type 55) est l'ingrédient principal de la majorité des biscuits. Les caractéristiques physiques et chimiques des farines affectent leurs fonctionnalités (**MAMAT HILL, 2018**). L'utilisation très répandue de la farine dans la préparation de la pâte des biscuits est liée à sa capacité à retenir le gaz permettant ainsi son expansion lors de la cuisson. Les différents constituants de la farine (protéines, lipides, glucides...) jouent un rôle direct ou indirect dans la structuration et l'aération de la pâte (**NDANGUI, 2015**).

##### **2. Le sucre :**

Le saccharose est un disaccharide. Il joue un rôle important dans le processus de cuisson. En plus de la douceur, il ajoute aussi de la texture, et de la couleur, et agit comme un conservateur. Selon le niveau et le type, le sucre influe les différents paramètres rhéologiques caractéristiques 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**).

➤ **La matière grasse**

En biscuiterie, les matières grasses utilisées sont généralement d'origine végétale (huile de palme). La teneur en matière grasse est en fonction du type de biscuit fabriqué. Elle joue le rôle de selon (HAOUA ET TINGALI, (2007) ; SOULIAC *et al.*, (2010) :

➤ **Agent de plasticité**

Chaque graisse possède sa plasticité particulière.

➤ **Contribution structurale**

Le corps gras préalablement émulsifié, contient de l'eau et de l'air sous forme d'inclusion, qui sous l'action de la chaleur vont se vaporiser et former des vacuoles. Cette formation d'alvéoles, secondant celles des poudres levants ajoutées au biscuit, confère au produit fini sa structure alvéolaire.

➤ **Agent thermique**

Les matières grasses sont, parmi toutes les matières premières, celles qui possèdent le coefficient de conductibilité thermique le plus élevé. Lors de la cuisson des produits, elles agissent comme de très bons agents de transmission de la chaleur.

### 3. L'eau

Est un élément très important pour la formation de la pâte, il est nécessaire pour la formation de la pâte, il est nécessaire pour le mélange des autres ingrédients, pour l'hydratation des protéines et les carbohydrates et pour le développement du réseau glutineux ; plus on augmente la teneur en eau plus ont modifié le module élastique et le module visqueux et diminue la viscosité (FUSTIER, 2006)

### 4. Substances levants

Ce sont des levures chimiques, substances alcalines génératrices d'acide carbonique. Elles facilitent la levée du biscuit et elles confèrent après la cuisson une structure alvéolaire (SOFIA, 2016 ; REDJEM ET DERGHAL, 2016).

### 5. Les matières sucrantes

- a. Dextrose :** Connue en tant que glucose est un monosaccharide ou sucre simple qui est au moins 20% sucré que le sucre de canne, il ne contient pas de fructose ou de lactose. Il

constitue source de sucres directement fermentescibles. Il améliore la levée, la coloration extérieure et la durée de conservation des produits (SOFIA, 2016 ; REDJEM ET DERGHAL, 2016).

- b. Bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ) :** C'est la substance chimique de levée, cette poudre blanche, cristalline, inodore, à saveur salée, est assez peu soluble dans l'eau. Le bicarbonate de sodium soumis à une température (à partir de  $20^\circ\text{C}$ ) ou mélangé avec l'acide dans la levure chimique, dégage du dioxyde de carbone, ce qui rend les produits meilleurs et plus digestibles, et il favorise la levée des pâtes (SOFIA, 2016 ; REDJEM ET DERGHAL, 2016).
- c. Bicarbonate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) :** Se présente sous forme de masse blanche translucide. Au début de la cuisson, il se décompose en produisant du gaz carbonique servant à la levée de la pâte et l'ammoniac entraînant une caramélisation plus intense des sucres par la chaleur (plus le dégagement de  $\text{CO}_2$  et  $\text{NH}_3$ ). Les produits auront une couleur brune plus foncée (SOFIA, 2016 ; REDJEM ET DERGHAL, 2016).
- d. Pyrophosphate :** Les pyrophosphates sont très connus sur le marché biscuitier. Ils diffèrent les uns des autres par leur vitesse de réaction. SAPP-28 et SAPP, RD-1 sont très employés dans les biscuits en conserve. Son rôle est de:
- D'accélérer les dégagements de  $\text{CO}_2$  ;
  - Augmente les gonflements en présence de la chaleur (SOFIA, 2016 ; REDJEM ET DERGHAL, 2016).

## B- Les autres ingrédients

**1- Lait :** Le lait peut remplacer l'eau dans certaines recettes de biscuit. 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 présence de lactose). Généralement en industries on utilise le lait en poudre. C'est un produit hautement nutritif équilibré. Il contient des matières albuminoïdes (caséine), des matières grasses, des substances sucrées (lactose) et des substances minérales (Coutouly et al., 1998).

**2- Le Sel :** C'est le chlorure de sodium ( $\text{Na-Cl}$ ) indiqué à celui utilisé en cuisson, il est soluble dans presque tous les liquides, son rôle est de (KIGER ET KIGER, 1967) :

- Accélère le ramollissement de la croûte.
- Joue un rôle important dans la conservation des ingrédients et protège l'aliment.

**3- Arômes vanille :** C'est l'arôme de l'industrie alimentaire, elle est rougeâtre foncée. L'odeur agréable due au parfum qu'elle dégage et le bon goût du produit fini.



### **I.6.4 Apport nutritionnel des biscuits**

Les biscuits sont généralement faits de farine, de sucre, de matière grasse, eau, sel et levure chimique. La diversité des ingrédients confère aux biscuits un pouvoir nutritionnel intéressant. Dans les biscuits secs, il y a une prédominance des matières céréalières environ 72%, et d'amidon 51,5% (SAADOUDI, 2019). Ils contiennent une bonne teneur en protéines et en fibres. Les biscuits secs se distinguent des autres produits céréaliers par leur faible teneur en eau : 1 à 5% contre 15 à 30% dans les gâteaux. Du fait de leur teneur faible en eau, les biscuits secs ont une densité énergétique élevée. La teneur en lipides des biscuits secs est estimée à 12% (AIT AMEUR, 2006).

### **I.7 Technologie de fabrication des biscuits**

#### **1. Réception des matières premières**

La réception des matières premières fait partie des fonctions capitales d'une bonne entreprise. En fait, le service commercial doit choisir des produits de haute qualité. Après une inspection pour vérifier qu'ils répondent aux exigences, les matières premières doivent être correctement stockées avant utilisation (HAOUA ET TINGALI, 2007).

#### **2. Préparation de la formule**

Les responsables de production doivent choisir le type de biscuit à préparer.

#### **3. Mélange des matières premières**

En principe, un mélange des ingrédients doit permettre d'obtenir, à partir des composants connus, un produit dont la composition et les caractéristiques en tous points concordent avec la formule prévue (ARMAND ET GERMAIN, 1992).

#### **4. Malaxage**

Le premier but du malaxage de la pâte est d'amener en dispersion homogène les différents ingrédients et minimiser le développement du gluten de la farine, et d'obtenir une pâte dont la consistance permet la production de biscuit de dimensions (diamètre et épaisseur) et de symétrie (forme) uniformes (ARMAND ET GERMAIN, 1992).

#### **5. Le pétrissage**

Après avoir terminé le pommadage, on introduit dans le pétrin, la totalité de farine, ensuite, on procède au pétrissage de la pâte (durée de 4 à 5 min), pour l'obtention d'une pâte homogène à la fois assez souple (ARMAND ET GERMAIN, 1992).

### 6. Le façonnage et découpage de la pâte

Le laminage est la première opération de mise en forme de la pâte pétrie. Il consiste à façonner la pâte (formation d'un ruban d'épaisseur déterminée) en la faisant passer entre un train de laminoirs (FEUILLET, 2000).

### 7. La cuisson

La cuisson est un processus durant lequel se déroulent de multiples réactions biochimiques et physico-chimiques complexes : dénaturation des protéines, gélatinisation partielle de l'amidon, expansion de la pâte par réduction et dilatation thermique de gaz, évaporation de l'eau, et formation de la couleur (réaction de Maillard) (ARMAND ET GERMAIN, 1992). La cuisson est conduite dans des fours tunnels de plusieurs dizaines de mètres (pouvant dépasser la centaine ; D'après (FEUILLET,2000). La cuisson d'un biscuit est un ensemble d'évènement physico-chimiques suivants :

- Fusion très rapide des corps gras dès 15°C jusqu'à 50°C, dégagement des gaz entre 55 et 70°C.
- Dépassement de la température de transition vitreuse des protéines et apparition d'une phase continue dans la pâte (formation d'un réseau protéique).
- Augmentation de la viscosité du milieu et de l'étalement du biscuit.
- Perte d'eau et séchage des biscuits jusqu'à une teneur en eau finale de 1 à 5%(selon les produits) et rigidification des édifices moléculaires.
- Diminution de la masse volumique associée à l'apparition d'une structure poreuse ouverte.
- Formation des dérivés de la réaction de Maillard, dextrinisation partielle de l'amidon, caramélisation des sucres et coloration en surface des produits (plus la température de surface des biscuits est élevée, plus ceux-ci sont colorés).

Le (tableau 5) montre les différents modifications physico-chimiques des biscuits durant la cuisson.

**Tableau 6 :** La température et la modification physico-chimique durant la cuisson des biscuits  
(BOUDREAU *et al.*, 1992)

Température	Modification physico-chimiques
32 à 38° C	Formation d'une pellicule à la surface du biscuit.
32 à 49° C	Dégagement du gaz carbonique.
32 à 66° C	Expansion du pâton par le gaz carbonique
32 à 99° C	Expansion du pâton par l'air, le gaz carbonique et la vapeur d'eau.
52 à 93° C	Gélatinisation partielle de l'amidon et dénaturation réversible des protéines.
63 à 74° C	Evaporation d'arômes.
74 à 121° C	Dénaturation irréversible des protéines.
149 à 205° C	Caramélisation des sucres.
188 à 205° C	Dextrinisation ou formation d'une surface luisante.

## 8. Le refroidissement

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre, pendant quelques minutes ventilateurs sont utilisés pour éliminer l'humidité (CHEBLAOUI ET YAHIAENE, 2016).

## 9. Conditionnement

Les biscuits ont besoin d'un emballage pour les protéger de l'oxygène, des odeurs et de la lumière. Il existe différents types d'emballage qui sont utilisés pour la conservation des biscuits comme : le carton, aluminium et plastique, sous forme de barquettes ; cylindrique et rectangulaire (DUGOURD, 2009).

### I.7.1 Critères de qualité des biscuits

Les attributs de qualité des produits alimentaires incluent le goût, l'arôme, la texture, la couleur et le contenu en éléments nutritifs. Dans la plupart des cas, ces attributs commencent à décliner dès qu'une autre matière première ou ingrédient est ajouté au biscuit (FLOROS *et al.*, 2010).

Dans les procédés industriels, dont font partie les industries de la biscuiterie, la productibilité des lignes dépend du respect des critères de qualité des produits fabriqués. Pour un biscuit, il s'agit de satisfaire à des contraintes dimensionnelles, de texture, de gout, de couleur et de valeur nutritionnelle (**THARRAULT, 1997**).

### **1. La qualité hygiénique**

La qualité hygiénique des biscuits est d'une part liée à celle de la matière première mise en œuvre et des ingrédients entrant dans la composition de la pâte, notamment la qualité microbiologique des œufs et des poudres de lait ; car ils représentent un milieu de développement favorable pour plusieurs espèces de micro-organismes pathogènes tels que les salmonelles. Elle est d'autre part, liée à l'emballage du produit de point de vue nature du papier d'emballage et procédé de fermeture d'un paquet aussi au personnes ou le matériel de manipulation (**HAOUA ET TINGALI, 2007**).

### **2. La qualité nutritionnelle**

La qualité nutritionnelle d'un aliment est déterminée par la quantité et la qualité des nutriments (glucides, lipides, protéines, vitamines et sels minéraux) nécessaires au bon fonctionnement vital de l'organisme (**HAOUA ET TINGALI, 2007**). Le produit céréalier est l'aliment commun dans l'alimentation humaine, sa consommation importante lui confère une position d'importance mondiale dans la nutrition internationale. Un produit céréalier idéal doit avoir un index glycémique bas. Il doit être une source importante en protéines, en fibres, en vitamines, en sels minéraux et en antioxydants (**BOUREKOUA, 2018**).

### **3. La qualité organoleptique**

Le consommateur est attiré par les différents propriétés composant cette qualité, il s'agit de : aspect et couleur, forme, saveur, arômes, texture (**HAOUA ET TINGALI, 2007**). Il est bien connu que les propriétés sensorielles des produits céréaliers sont liées fortement aux ingrédients utilisés et les conditions de préparation, affectant ainsi le choix des consommateurs (**BOUREKOUA, 2018**). Les biscuits doivent satisfaire les attentes des consommateurs (concernant la forme, la couleur, la texture et le gout) (**THARRAULT, 1997**).

#### **I.7.2 La composition nutritionnelle du biscuit**

En 2008 L'observation de la qualité de l'alimentation (OQALI) en France a recensé 891 biscuits et gâteaux dans son étude sectorielle portant sur cette catégorie d'aliments. Bien que la catégorie d'aliments analysées par L'OQALI était plus large incluait les gâteaux (**JULIE PERRON et al., 2019**), la composition nutritionnelle de 100 g du biscuit sec et présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 7 :** Valeurs nutritionnelles et énergétiques pour 100g de biscuit (**JULIE PERRON et al.,2019**).

<b>Nutriments</b>	<b>La valeur</b>
Energie	447 Kcal
Protéines	6,3g
Glucides	64g
Sucres	33g
Lipides	20g
Gras saturé	10g
Fibres	3g
Sodium	250mg

## **I.8 Les aliments fonctionnel**

### **A. Définition**

Les aliments fonctionnels ils sont pension, frais ou transformés, naturellement riche en molécules ayant des propriétés bénéfiques et protectrices pour l'organisme, nutritionnel important dans la pratique, car, si elle est incluse dans un régime alimentaire équilibré, jouer une action préventive sur la santé. un aliment peut être considérée comme « fonctionnelle », si elle est suffisamment démontré son influence bénéfique sur une ou plusieurs fonctions du corps, ainsi que des effets nutritionnels adéquats, de façon à être pertinents à un état de bien-être et la santé, ou pour réduire le risque d'une maladie. les avantages peuvent consister soit à maintenir que dans la promotion d'un état de bien-être ou la santé et / ou un risque réduit d'un processus de maladie ou d'une maladie **DIPLOCK A.T .1999**.

### **B. Types d'aliments fonctionnel**

On trouve actuellement sur le marché cinq principaux types d'aliments fonctionnels, qui comprennent (**BILL ETHERINGTON, 2002**) :

- Des produits dans lesquels la quantité d'un ingrédient naturellement ou normalement présent est augmentée ou diminuée, par exemple céréales pour le petit-déjeuner auxquelles on ajoute du son ou produits laitiers dont on réduit la quantité de graisses ;
- Des produits dans lesquels ont été introduits des nouveaux ingrédients, par exemple jus de fruits auxquels sont ajoutées des fibres, ou pâtes à tartiner auxquelles sont ajoutées des huiles de poisson ;

- Des produits laitiers fermentés tels que les yaourts avec des cultures bactériennes actives ;
- Des boissons sportives ou énergétiques pour compenser la perte de liquide et/ou d'énergie ;
- Des produits assurant la libération lente d'hydrates de carbone pour la gestion de l'énergie, par exemple des boissons ou des produits à base de céréales.

### **C. Biscuits enrichis**

Les biscuits offrent un bon véhicule de suppléments précieuses pour l'amélioration nutritionnelle (**ZUCCO et al., 2011**). Plusieurs études ont été rapportées pour améliorer la valeur nutritive des biscuits en incorporant des haricots, des graines de sésame, des pois chiches, de l'orge, du niébé, du lupin, des protéines de soja et des fibres de maïs (**SERREM,2010 ; HYUN-JUNG et al., 2014**). Il existe plusieurs type d'enrichissement des biscuits qui sont classés selon le type des composés ajoutés parmi eux on trouve :

#### ➤ **Biscuits enrichis en protéines**

Les produits céréaliers sont pauvres en protéines (surtout en acides aminés essentielles) ce qui rend leurs enrichissements en protéines très nécessaire. L'addition des graines entières des pseudo céréales au produits de boulangerie améliore sa teneur en protéines. Il existe plusieurs travaux précédents effectués sur l'enrichissement des biscuits en protéines. Les ingrédients les plus utilisés sont (Quinoa, pois chiche, haricote, soja, fenugrec, fève, millet, sésame et riz) (**RAFFO et al., 2003;BRODOWSKA et al., 2014**).

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes**

Cette étude est réalisée en stage pratique au niveau de l'entreprise **BIMO** spécialisée dans la production des biscuits et chocolats (**Présentation de l'entreprise en Annexe I**).

Notre travail vise à la fabrication d'un aliment fonctionnel « biscuit type cookies » riche en farine de **Quinoa**. Le choix de quinoa est basé sur sa richesse nutritive en protéines d'origine végétale et de fibres d'une part et l'essai d'intégrer d'autres farine que le blé dans l'alimentation humaine pour mettre sur le marché du consommateur algérien une gamme variée de biscuits d'autre part.

Afin de caractériser la qualité des nouveaux biscuits enrichis, nous avons comparé le même type de biscuits à base de farine de blé tendre a tendance biscuitière produits au niveau de BIMO (biscuit témoin) (**Annexe 1**). Une série d'analyses physico-chimiques et sensorielles ont été réalisées sur la farine de quinoa et le produit fini.

Les expérimentations suivies dans cette étude à savoir « le screening photochimique du quinoa, la conception d'un aliment fonctionnel » ont été menées durant la période allant de mars à juin 2022 comme suit :

- La fabrication du biscuit a été réalisé au niveau de la ligne des biscuits de types cookies l'entreprise du groupe BIMO, BABA ALI.
- Les analyses physico-chimiques ont été réalisé au niveau de laboratoire de l'entreprise **BIMO** et au niveau de laboratoires physiques et chimiques de l'institut des sciences et techniques appliqués en agroalimentaires **ISTA** et au niveau de laboratoire d'Hygiène de référence de la wilaya de Blida **LHB**.



## II.1 Matières premières utilisés

L'étude est portée sur l'utilisation de :

- **Quinoa**

Le quinoa (*Chénopodium Quinoa*. Willd) est l'ingrédient que nous avons utilisé pour enrichir les biscuits. Les essais ont porté sur un échantillon de quinoa de qualité supérieure de la marque **BONAFID** acheté du marché local. L'échantillon est conditionné en son emballage d'origine est conservé à température ambiante dans un endroit sec.

- **Autres ingrédients**

Ce sont des ingrédients qui rentrent dans la formulation de la recette de biscuit type cookies à savoir ; la farine, le sucre, la graisse végétale 36-38%, l'amidon, lait en poudre 26 %, le sel, bicarbonate de sodium, pyrophosphate de sodium, le jaune d'œuf en poudre, les arômes, les pépites de chocolat, l'eau. Tous ces composant ont été fournies par l'entreprise BIMO.

### II.1.1 Préparation de la farine de quinoa

Le produit de quinoa utilisé de la marque **BONAFID** (**Figure 7**), est destiné à la consommation directe ce qui nous a permet de l'utiliser directement sans passer par les étapes de nettoyage, rinçage et le séchage.



**Figure 4 :** Quinoa de la marque « **BONAFID** ».

Le quinoa est passé avant sa transformation en farine par 2 étapes (**Figure 8**) :

- 1-**Le broyage** : le quinoa est broyé avec un moulin électrique de la marque **MOULINEX**.
- 2- **Le tamisage** : le quinoa broyé est tamisé pour se débarrasser des enveloppes.



**Figure 5 :** Les étapes de transformation du quinoa en farine.

## **II.2 Analyses physico-chimiques des matières premières et produits fini**

Les figures d'analyses physicochimiques des produits sont montrées en (**annexe II**)

### **II.2.1 Détermination de la teneur en eau**

- **Principe**

Le produit (dérivés de céréales) est séché à l'aide d'un humidimètre à une température de 130 °C pendant 10 min (**Manuel BUHLER**).

- **Mode opératoire**

1. Préparer un échantillon de 10g dans un plateau vide.
2. Placer la plate dans l'humidimètre.
3. Allumer l'humidimètre et régler la minuterie.
4. Lire la teneur d'humidité en pourcentage directement sur le cadre du dessiccateur.

### **II.2.2. Détermination de pH**

- **Principe**

Le produit à analyser (poudre lait, farine) est dispersé dans l'eau distillée qu'on met sous ébullition. Après refroidissement, le pH est mesuré de façon classique avec un pH-mètre à deux électrodes (**NF V05-108 DE JUILLET 1970**).

- **Mode opératoire**

1. Peser 10g de produit à analyser dans un bécher rempli par l'eau distillé jusqu'à 100g.
2. Agitation mécanique.

3. Puis, on met notre solution à une température de 20°C.
4. Etalonner l'appareil.

Une fois le pH-mètre équilibré, introduire l'électrode dans le bécher contenant notre produit. Lire directement le résultat sur le cadran du pH-mètre.

### II.2.3. Détermination du taux de cendre

La détermination de la matière minérale, principalement répartie dans les enveloppes et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en meunerie (NA.735-1991.ISO 2171).

- **Principe**

Incinération d'une prise d'essai d'échantillons des farines jusqu'à combustion complète des matières organiques à 900 °C puis pesée du résidu obtenu.

#### Mode opératoire

1. Chauffer durant 10 min les creusets dans un four réglé à 900°C. laisser refroidir à une température ambiante dans le dessiccateur et les peser.
2. Dans le creuset d'incinération, on prépare 10g de la prise d'essai.
3. Placer les creusets dans le four a moufle réglé à 900°C pendant une 1h 30min jusqu'à l'obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre.
4. Retirer les creusets progressivement du for, laisser refroidir à la température ambiante dans le dessiccateur, puis le résidu est pesé.

- **Expression des résultats**

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière humide exprimé en pourcentage, est donné par l'équation suivante :

$$TC(\%) = \frac{m_1 \times 100}{m_0}$$

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière sèche exprimé en pourcentage est donné par l'équation :

$$TC(\%) = (m_1 \times 100) / m_0 \cdot (100/100-H)$$

Avec :

**TC** : taux de cendres en %.

**m<sub>0</sub>** : la masse, en grammes, de la prise d'essai.

**m<sub>1</sub>** : la masse, en grammes, des cendres.

**H** : la teneur en eau, en pourcentage par masse de l'échantillon.

## II.2.4 Détermination de l'acidité grasse

L'acidité grasse de la farine est l'expression conventionnelle des acides essentiellement des acides gras libres, extraits dans les conditions suivant (NA1132 :2012) ;

- **Principe**

La mesure de l'acidité grasse repose sur un dosage colorimétrique. Les acides gras libres sont mis en solution dans l'éthanol à 95%, puis titré avec NaOH 0.05N.

- **Mode opératoire**

- ✓ **Extraction de l'acidité**

- Introduire dans un tube 10 g de produit, ajouter 30ml d'alcool à 95%, fermer le tube hermétiquement et agiter pendant 1h.

- Procéder à 2 centrifugation successives 2min chacune à une vitesse de 6000tour /min.

- ✓ **Titration**

- Prélever à la pipette 20ml du liquide surnageant parfaitement limpide et les verser dans une fiole conique, puis ajouter 5gouttes de phénolphaléine.

- Titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium à 0,05N, jusqu'au virage rose pale.

- Essai à blanc : titrer 20ml d'éthanol en en présence de 5gouttes de phénolphaléine.

- **Expression des résultats**

L'acidité est exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière telle quelle est calculée par la formule suivante :

$$AG\% = 7,35.C (V1 - V0) / (m .100)$$

Avec :

**7,35** : coefficient.

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

**V0** : volume de NaOH (ml) de l'essai à blanc.

**m** : masse en gramme.

**C** : Normalité de la solution d'hydroxyde de sodium (0,05 N).

**H** : La teneur en eau de l'échantillon pour essai (%).

### II.2.5. Détermination de l'acidité titrable de la poudre de lait

- **Principe**

Il consiste à un titrage avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénophtaléine comme indicateur (AFNOR1980 : V 04 /206).

- **Mode opératoire**

1. Peser 1g de produit dans une fiole conique et ajouter 10ml d'eau distillée chaude (bouillie).

2. Adapté la fiole à un réfrigérant à reflux afin de chauffer le contenu au bain marie pendant 30min. suivie d'un refroidissement.

3. Le contenu est transversé dans une fiole jaugée et complété jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Bien mélanger et filtré.

4. Titrer 50 ml de la solution avec NaOH 0,1N en présence de 2 à 3 gouttes de phénophtaléines.

- **Expressions des résultats**

Virage de couleur vers le rose pale.

$$A = \frac{(25. V1.10)}{(M. 10. V0)}$$

### II.2.6 Détermination du taux de gluten sec

- **Principe**

La détermination de la teneur en gluten de la farine se base sur la préparation d'une pâte issue d'un échantillon de farine (10 gramme) avec solution salée (NaCl 2. 5%). L'isolement du gluten humide se fait manuellement par lixiviation sous l'eau, le gluten humide obtenu est suivi d'un séchage (NA. 19103 :2014).

- **Mode opératoire**

**A. Préparation de la pâte**

1. Peser 10g de farine dans un bécher.

2. Verser 5ml de la solution de chlorure de sodium en agitant la farine avec la spatule, former une boule avec la pâte.

### B. Extraction

Consiste à faire le lavage au-dessus d'un courant d'eau de robinet. Poursuivre cette opération jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit pas trouble.

### C. Essorage

Consiste à éliminer la plus grande partie de la solution de rinçage en comprimant entre les mains, refaire cette opération plusieurs fois. Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans une étuve pendant deux heures à 100 °C.

- **Expressions des résultats**

Le gluten sec exprime en pourcentage et en masse du produit tel quel est égal à :

$$GS (\%) = \frac{(m. 100)}{10}$$

**m** : la masse en gramme de gluten sec.

**100** : pour exprimer le pourcentage.

**10** : prise d'essai en (g).

### II.2.7 Détermination du taux de protéine

La détermination de la teneur en protéines est basée sur le dosage de l'azote total selon la méthode de KJELDAHL décrite par la norme **AFNOR V03.050 (AFNOR, 1991)**.

La méthode repose sur une minéralisation des matières organiques par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, une alcalinisation des produits de la réaction, distillation et titrage de l'ammoniac.

Le coefficient de conversion de l'azote N en protéines P est de K=5.7 pour la semoule (**BAR, 1995 ; FAO, 1996 ; Godon et Loisel 1997 ; AOAC, 2011**). La teneur en azote, exprimée en gramme pour 100 g de matière sèche, est donnée par la formule suivante :

$$N = \frac{(v1 - v2) \times 0,014 \times 100}{100}$$

Où :

**V1** : volume en ml de Hcl/N10 utilisé pour le titrage.

**V2** : volume en ml de Hcl/N10 utilisé pour l'essai à blanc.

**M** : la masse en gramme de la prise d'essai.

La teneur en protéines **P** est donnée par la formule suivante :

**K** : Facteur de conversion (5,7 pour céréale semoule).

**H** : Humidité.

$$P = \frac{N \cdot K \cdot 100}{100 - H}$$

### II.2.8 Détermination de la teneur de la matière grasse (AFNOR T90- 501 et T 90-506)

- **Principe**

L'échantillon sec est extrait à l'aide de l'éther de pétrole avec un appareil de type Soxhlet, le solvant est évaporé, l'échantillon est séché et pesé.

- **Mode opératoire**

1 .Sécher un ballon de 500ml à 150°C pendant 1h, refroidi au dessiccateur pendant 30min, puis pesé à une précision de 0,001 g.

2 .Peser 10g de produit dans la cartouche du Soxhlet et placés à l'intérieure de l'extracteur.

3 .Versés 200ml d'éther du pétrole dans le ballon et 50ml dans le compartiment et cartouche.

4 .Le ballon est ensuite chauffé pendant 7h et 50ml (20 siphonages par heure) jusqu'à épuisement de la matière grasse.

5 .Le solvant est éliminé du ballon par distillation.

6 .Le résidu du ballon est séché dans une étuve à 80°C, après refroidissement au dessiccateur pendant 30min.

7 .Le ballon contenant les lipides est pesé à 0,001g près.

#### **Expression des résultats**

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

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

Dont :

**P2** : poids du ballon vide (g).

**P1** : poids du ballon après évaporation(g).

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

**MG** : taux de la matière grasse(%).

**100** : pour exprimer le pourcentage

### II.2.9 Détermination de la teneur en glucides totaux

La somme des teneurs en cendres, protéines totales et lipides totaux est soustraite de 100 g de matière sèche pour obtenir la teneur en glucides totaux de l'échantillon. Les résultats ne donnent qu'une estimation approchée de la quantité totale des glucides. (AOAC, 1997)

La teneur en glucides totaux (G) est exprimée en pourcentage de matière sèche :

$$G(\%MS) = 100 - (H + C + P + L)$$

Où :

**H** : teneur en humidité (en% de produit sec) ;

**C** : teneur en cendres (en% de produit sec) ;

**P** : teneur en protéines totales (en% de produit sec) ;

**L** : teneur en lipides totaux (en % de produit sec) ;

### II.2.10 Détermination du taux de fibres

La teneur en fibres insolubles est déterminée selon la méthode décrite par (DE PADUA ,2004). Matériel et réactifs (**annexe II**).

- **Mode opératoire**

- ✓ La détermination de la teneur en fibres solubles, les échantillons sont broyés en poudre à l'aide d'un broyeur ( $\emptyset$  inférieur à 0,5 mm).
- ✓ Sécher 40 ° C pendant 24 h,
- ✓ L'échantillon de 4 g est homogénéisé et pesé dans un ballon d'extraction.
- ✓ L'échantillon est digéré dans 200 ml d'HCL à 5 % pendant 30 minutes puis filtré et lavé à l'eau chaude.
- ✓ Le résidu est digéré par 200 ml de NaOH à 5 % (1.25N) sous reflux pendant 30 min.
- ✓ Le mélange est filtré et lavé à l'eau jusqu'à neutralité du pH.
- ✓ Le mélange est lavé avec 20 ml d'alcool éthylique et avec 20 ml d'éther éthylique.
- ✓ Le résidu est séché à 100 ° C pendant deux heures.
- ✓ La masse résiduelle est considérée comme des fibres.

- ❖ **Expression des résultats**

Le taux de cendre, exprimé en pourcentage, est donné par l'équation suivante :

$$TCT (\%) = \frac{(P1 - P2)}{P0} 100$$



Où :

**P2** : poids du ballon vide (g).

**P1** : poids du ballon après évaporation (g).

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

**TCT** : taux de cendre totaux (%).

**100** : pour le pourcentage

### II.2.11 Détermination de la valeur énergétique

La détermination du taux de protéines, lipides et glucides nous a permis de calculer la valeur énergétique pour chaque biscuit préparé suivant la formule d'**ATWATER**

$$\text{Valeur énergétique en kcal} = 4 * \text{g glucides} + 4 * \text{g protéines} + 9 * \text{g lipides}$$

### II.3 Les analyses microbiologiques de la matière première et du produit fini

Les analyses de la matière première ont été effectuées au niveau de laboratoire microbiologique de l'entreprise « **Bimo** » et les analyses du produit fini ont été effectuées au niveau de laboratoire d'hygiène de référence de la wilaya de Blida « **LHB** ». Les figures sont montrées en (annexeII)

Les germes recherchés Pour les farines de céréales et tous types de biscuits sont montrés dans le tableau suivant :

**Tableau 3** : Les germes recherchés dans la matière première et produit fini.

Germes recherchés / Produits	Quinoa	Produit fini
<i>Les coliformes totaux et fécaux</i>	+	+
<i>Moisissures</i>	+	+
<i>Salmonella</i>	-	+
<i>Clostridium Sulfito-réducteurs</i>	+	-
<i>Staphylococcus à coagulase +</i>	+	-

(+) : Analyses effectués. (-) : Analyses non effectués.

Les analyses microbiologiques sont effectuées dans des conditions d'asepsie ; Ils consistent à isoler les microorganismes présents dans un échantillon solide (l'arrêté du **21/01/1998 du J.O.A N° 39(2017)** relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires).

Ces analyses microbiologiques se réalisent en trois étapes fondamentales :

- ✓ Préparation des solutions mères.
- ✓ Préparation des dilutions.
- ✓ La recherche et le dénombrement des germes.
- **Suspension mère et dilution décimale**

Les dilutions sont toujours effectuées des conditions aseptiques. Le but de cette dilution est pour faciliter la lecture en diminuant la charge microbienne dans une boîte contenant un milieu de culture. Entre le moment de la préparation de la suspension, des dilutions et leur mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45min.

- **Cas des produits solides**

Pour le cas des biscuits et farine de quinoa :

Introduire 10 g du produit dans un flacon stérile contenant 90 ml d'eau peptoné tamponnée, après homogénéisation on obtient la solution mère. A partir de la solution mère on prélève 1ml (20gouttes) à l'aide d'une pipette pasteur stérile qu'on introduit dans un autre tube stérile contenant 9ml d'eau peptoné-tamponnée, C'est la dilution  $10^{-1}$  De la même façon on procède pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ .

### **II.3.1 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

#### **➤ Principe**

Les coliformes sont des bacilles à GRAM négatif, aérobie ou anaérobie facultatif, non sporulées, capable de se multiplier en présence de sel biliaire et capable de fermenter le lactose, avec production d'acide et de gaz en 48 heures et à 35 à 37°C. Les coliformes fécaux ont les mêmes caractères des coliformes totaux mais ils sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44°C. Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose avec les sels biliaires comme un agent sélectif (**N FV08-017 ; Norme Jour /Alg/1991**).

#### **➤ Mode opératoire**

Porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée. Cette opération doit être effectuée deux fois pour chaque dilution :

- La première série de boîte sera réservée à la recherche des coliformes totaux.
- La deuxième série de boîte sera réservée à la recherche des coliformes fécaux (*Escherichia Coli*).

Compléter ensuite chaque boîte avec environ 20 ml de la gélose VRBL, fondu puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ . Faire ensuite des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 », bien mélanger la gélose à l'inoculum, laisser solidifier sur paille, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose.

#### ➤ Incubation

-La première série de boîte sera incubé à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 à 48 heures (recherche des coliformes totaux).

-La deuxième série de boîte sera incubé à  $44^\circ\text{C}$  pendant 24 à 48 heures (**recherche des *Escherichia Coli***).

#### ➤ Lecture

Les colonies des coliformes totaux et fécaux apparaissent en masse se forme de petites colonies de couleur rouge foncé et de 0,5mm de diamètre.

### II.3.2 Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur

#### Principe

Les clostridium sulfito- réducteurs sont des bacilles à GRAM positif, anaérobies strictes, mobiles par ciliature périt riche mais parfois immobiles et capsulés ; possèdent des spores résistantes ou moins 10 min à  $80^\circ\text{C}$ , ils sont capables de réduire les sulfites en sulfure par la sulfito-réductase présente dans le milieu de culture viande foie (VF) (NFV08-061 ; Jour/Alg/1998).

Ceci se combine avec un sel de fer pour donner du sulfure de fer avec dégagement de  $\text{H}_2$ , les colonies noires entourées d'un halo sont les caractéristiques des clostridium sulfito- réducteurs.

#### ➤ Mode opératoire

Les tubes contenant des dilutions 10-2 à 10-1 seront soumis :

1. D'abord à un chauffage à  $80^\circ\text{C}$  pendant 8 à 10 minutes.

2. Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet ; dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporuler.

A partir de ces dilutions ; porter aseptiquement 1ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stérile de 16 mm de diamètre ; puis ajouter 15ml de gélose viande foie prête à l'emploi ; dans chaque tube laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes. Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16 à 24 heures ou au plus tard 48 heures. La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures car :

- D'une part les colonies de clostridium sulfito-réducteurs sont envahissantes. Si on trouve que notre tube est complètement noir ce qui rend l'interprétation difficile voire impossible ; alors l'analyse est à refaire.
- D'autre part ; il faut absolument repérer toute colonie noir ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieure à 0,5 mm. Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ; ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures

### II.3.3 Recherche de Salmonella

#### ➤ Principe

Les techniques consistent en (NF 086-052) :

-Un pré enrichissement est réalisé afin de permettre le développement de salmonelles et d'inhiber le développement des bactéries à Gram positif.

#### ➤ Mode opératoire

##### 1. Pré-enrichissement

En prélève 25ml de l'échantillon et l'introduire aseptiquement dans 225ml de T.S.E, puis incubes à 37°C pendant 24 heures.

##### 2. Enrichissement

On effectue les premiers enrichissements sur le milieu SFB.

- 1ml de bouillon pré enrichi dans 10ml de SFB a qui en ajoute quelque goutte de l'additif de cystéine.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. Si on observe un virage de la couleur de rouge brique donc c'est une réaction positive.

##### 3. Isolement

D'une part on ensemence les tubes positifs sur le milieu Hecktoen, et d'autres part on repique dans d'autres tubes contenant le milieu SFB, c'est le deuxième enrichissement dont on ajoute 04 gouttes de l'additif de cystéine dans les tubes SFB.

Incubation se fait toujours à 37°C pendant 24 heures. Les colonies de salmonelles sont bleues vertes avec centre noire sur gélose Hecktoen.

### II.3.4 Recherche et dénombrement des levures et moisissures

#### ➤ Principe

Les moisissures sont des hétérotrophes, aérobies, acidophiles (pH de développement comprise entre 3 et 7) et mésophiles (Température de croissance de 20 à 30°C). Les levures sont typiquement unicellulaires de forme ronde ou ovoïde et se multiplient par bourgeonnement. Le dénombrement est effectué en milieux sélectif doté de propriétés antibactériennes (milieu OGA) (Norme XPV08-059).

#### ➤ Mode opératoire

A partir des dilutions décimales,  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ; étaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile ; puis incuber à 22°C pendant 5 jours.

#### ➤ Lecture

-Les colonies des levures sont brillantes, rondes et bordées, de couleurs différentes, de formes convexes ou plates et souvent opaques.

-Les colonies de moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmenté ou non, et sont plus grandes que celles des levures.

### II.3.5 Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase +

#### ➤ Principe

Ce sont des bactéries sous forme coques à gram + 0,5 à 2,5 micro mètre, qui se divisent dans les plans différents de ce fait forment très souvent des amas cellulaire irréguliers ; ils sont immobiles et non sporulés (EL KOUIR, 2003)

#### ➤ Mode Opératoire

-Peser 10g du l'échantillon à analyser dans 90 ml d'eau peptoné-tamponnée. (Préparation de la solution mère).

- Ensemencer 0,1 ml (100 microlitre) de la solution mère et dilutions (10-1, 10-2, 10-3) dans les boîtes pétries déjà identifié qui contient de milieu Chapman.

- Incuber à 37 °C pendant 24h.

#### ➤ Lecture

La présence de staphylocoques présumés pathogènes se traduit par l'apparition de colonies blanc nacré, brillantes, bombées.

## II.4 Conception de l'aliment fonctionnel « Biscuit type cookies »

### II.4.1 Présentation du produit fabriqué

Il s'agit de fabriquer des biscuits types cookies à base de farine a tendance biscuitière pour le biscuit témoin et d'incorporer la farine de quinoa à différents pourcentages à savoir 15%, 20%, 30 % pour les biscuits enrichis. Pour cela la formule utilisée a été proposé par l'équipe de laboratoire « **BIMO** ». Les cookies sont conditionnés à raison de 9 biscuits par paquet (**Tableau 8**).

**Tableau 4** : La composition du biscuit avec les différents pourcentages d'enrichissements.

Pourcentages	Taux d'incorporation de farine de quinoa			
	Témoin (g)	Essai (1) 15 %	Essai (2) 20 %	Essai (3) 30%
<b>Ingrédients</b>				
<b>Farine</b>	<b>340</b>	<b>289</b>	<b>272</b>	<b>238</b>
<b>Quinoa</b>	<b>/</b>	<b>51</b>	<b>68</b>	<b>102</b>
<b>Graisse végétale 36-38</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>140</b>
<b>Sucre</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>
<b>Bicarbonate de Sodium</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>
<b>Pyrophosphate</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

<b>Bi. Ammonium</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>
<b>Pépité de chocolat</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>
<b>Lait en poudre 26 %</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>Jaune d'œuf</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
<b>Sel</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Arome</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>
<b>Eau</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>92</b>

## II.4.2 Les étapes de fabrication des cookies enrichis

La fabrication de notre biscuit et de celui témoin est faite industriellement, les deux biscuits subissent les mêmes opérations de fabrication. Toutes les opérations de fabrication sont faites sur la chaîne de fabrication des cookies (BIMO) à part l'opération de formulation de la pâte pour notre biscuit ; c'est-à-dire le mélange et le pétrissage, qu'on a réalisé dans un pétrin automatique, de marque KENWOODKM 300 selon les étapes suivantes :

### A. Crémage

Cette étape consiste à fouetter le sucre avec la matière grasse et le jaune d'œuf avec l'eau à l'aide d'un pétrin pendant 5 min jusqu'à l'obtention d'une crème, puis on ajoute les autres ingrédients sauf (les farines et les pépites de chocolat) puis bien mélanger le tout pendant 2 min.

### B. Pétrissage

On ajoute la farine de blé tendre et la farine du quinoa, on mélange puis on rajoute les pépites de chocolat en mélangeant tous les ingrédients à une vitesse moyenne pendant 10 min jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.

### C. Mise en forme

On forme des boules environ 20 g à l'aide une balance analytique et les aplatir avec le dos d'une cuillère pour avoir la forme souhaitée.

### D. Cuisson

La cuisson a été fait dans un four à une longueur de 40 mètre passe par 3 zones le temps moyen de cuisson est environ 10 min et le refroidissement environ 3 min.

### E. L'emballage

Après le refroidissement du biscuit à l'air libre, le biscuit passe par le triage de mains d'œuvre puis le conditionnement dans des sacs.

- Les étapes de crémage et pétrissage sont montrées dans la (figure 9) :



Figure 9 : le crémage et le pétrissage

- Les étapes de mise en forme, cuisson et emballage sont montrées dans la (figure10) :

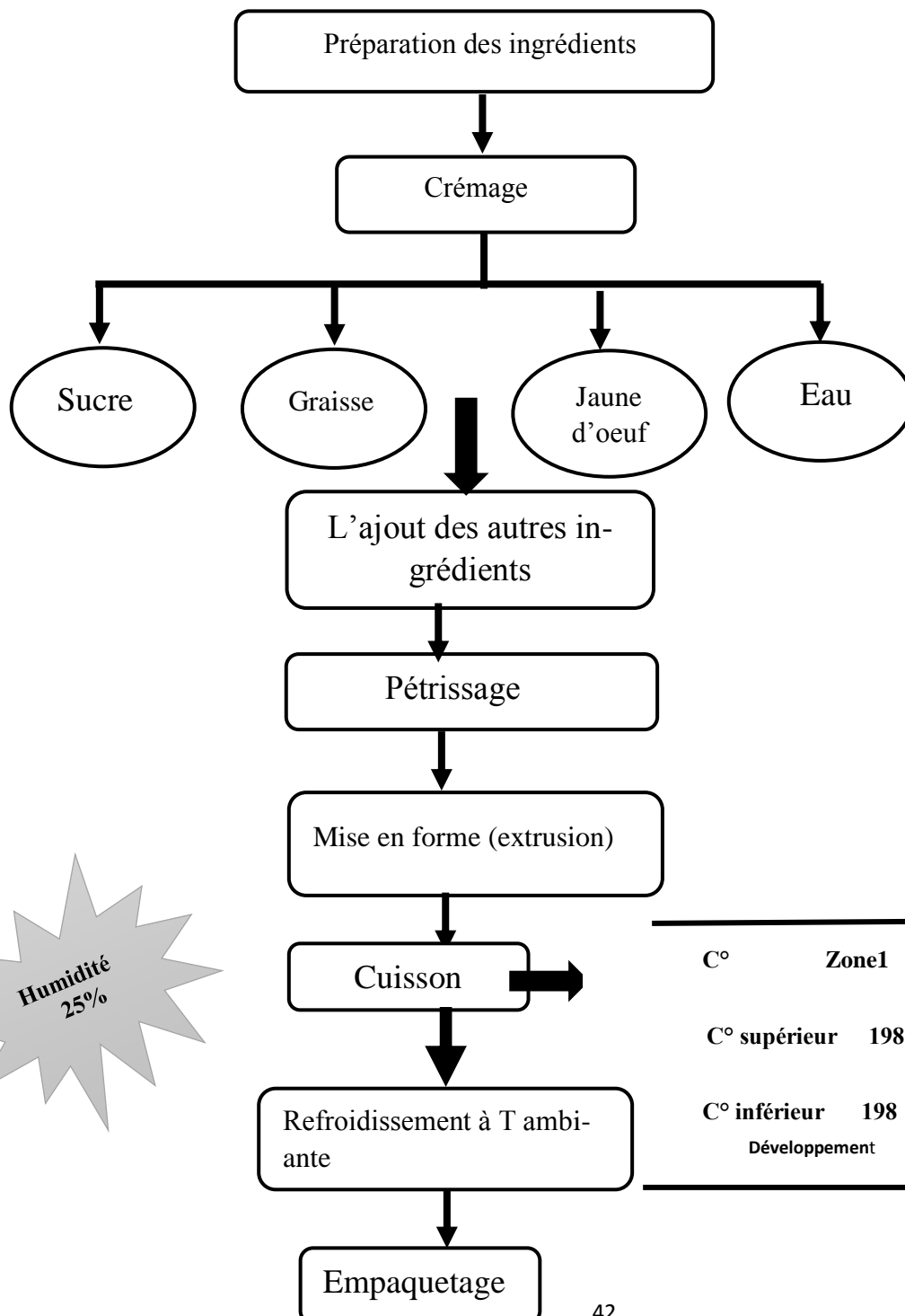


Figure 10 : Le façonnage, la cuisson et l'emballage des cookies.



II.4.3 Diagramme de fabrication du biscuit

La fabrication du biscuit a été réalisée selon le diagramme suivant :



**Figure 6 :** Diagramme de fabrication de biscuit type « CookieBimo »

## II.4.4 Méthodes d'analyses du produit fini

### II.4.4.1 Echantillonnage

Les prélèvements des biscuits sont effectués à la sortie de la chaîne de fabrication, pour chaque essai nous avons retiré 04 paquets :

- Un paquet est destiné aux analyses physico-chimiques.
- Un paquet est destiné aux analyses microbiologiques.
- Un paquet est destiné aux analyses organoleptiques.

### II.4.4.2 Les analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau des laboratoires physico-chimiques de l'entreprise « BIMO » et l'institut « ISTA ». Nous avons fait les analyses des paramètres suivants, les figures sont montrées en **(annexeII)** :

- ✓ Humidité: dessiccateur allogène.
- ✓ Dosage de matière grasse : soxhlet.
- ✓ Dosage de protéine: Kjeldhal.
- ✓ Le pH: pH mètre.
- ✓ Les cendres: Four à moufle
- ✓ Les fibres solubles

Nous avons utilisé le même protocole expérimental de la matière première.

### II.4.4.3 Les analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques du produit fini ont été effectuées dans des conditions d'asepsie au niveau de laboratoire de l'entreprise « Bimo », les figures sont montrées dans **(annexeII)**. Nous avons utilisé le même protocole expérimental de la matière première.

## II.5 Caractères physiques du biscuit

Les analyses physiques des biscuits sont effectuées selon des critères proposés par **(BENOUALID, 1987 ; SUDHA et al. 2007b)**, et qui consiste en : la Masse (g), l'étalement

est déterminé par la formule suivante (Eq. 1) en utilisant un pied à coulisse, la surface (S en  $\text{cm}^2$ ) et le volume du biscuit (V en  $\text{cm}^3$ ).

$$\text{Etalement} = \frac{\text{Diamètre (mm)}}{\text{Epaisseur (mm)}} \quad \text{Eq. 1}$$

## II.6 Caractères organoleptiques du biscuit

L'analyse sensorielle a donc pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits de façon objective et quantifiable selon des critères bien défini d'aspect, de texture, de saveur et d'arôme (**LUQUET ET CORRIEU, 2005**). Les caractéristiques organoleptiques déterminées sur les biscuits sont : la couleur de la croûte, la texture et la saveur.

### II.6.1 Modalités d'évaluation sensorielle

Le consommateur désire des biscuits qui correspondent à son goût et qui lui procurent des satisfactions sensorielles. Dans l'appréciation des différents caractères organoleptiques des biscuits, l'analyse sensorielle s'est faite sur la base d'un questionnaire, suivant la méthode décrite par (**SANCHEZ ET AL., 1983**). Elle consiste à donner des points aux différentes caractéristiques organoleptiques des biscuits sur une échelle hédonique de 5points, le maximum des points recueillis est de 20 (**HOODA ET JOOD, 2005**) comme suit :

√ Couleur .....	: 5 pts.
√ Texture.....	: 5 pts.
√ Odeur.....	: 5 pts.
√ Gout .....	: 5pts
<hr/>	
Somme .....	: 20 pts.

Cette notation est fonction de l'appréciation personnelle de celui qui juge ou apprécie le produit, et les résultats obtenus ne peuvent pas être considérés comme absolus. Le jury d'appréciation est composé de 38 personnes choisies de l'institut des sciences et techniques appliquées, Blida 1 (**Figure12**) et l'entreprise de Bimo, Certains d'eux sont de domaine et d'autres ne sont pas. Les tests de dégustation d'évaluation sensorielle des biscuits ont été faits le jour même de production du biscuit au niveau de l'entreprise de la part des chefs départements de production de la biscuiterie et de laboratoire. Etant donné que la production du biscuit a été réalisé 2 jours avant le mois du ramadan, la dégustation a été fait au niveau de l'institut ISTA après 36 jours de la fabrication du biscuit par des enseignants, agents de l'administration et des étudiants. La fiche de la dégustation est dans (**annexeIII**)



**Figure 7 :** la dégustation du biscuit de l'appart des étudiants et des enseignants au niveau d'ISTA.

## II.7 Etude économique de l'aliment fonctionnel

Cette étape a pour but d'évaluer le coût d'un biscuit enrichi en quinoa. Pour cela, nous avons pris en considération le coût de toutes les matières premières en dehors des taxes. Le prix de vente de quinoa a consommation humaine sur le marché est de **1200 DA** le kg. Le coût de cette dernière varie en fonction de la région et de son état de vente (farine, grains, ...) (**CHAR-PY et al., 2008**).

## II.8 Etude statistiques

Une étude descriptive des résultats était réalisée pour tous les paramètres mesurés (Moyenne  $\pm$  ESM). Toutes les mesures ont été répétées trois fois. Logiciel utilisé (**EXCEL 2016**)

## **CHAPITRE III : Résultats et discussion**

### III.1 Résultats

Nous rappelons que l'objectif de cette étude est la formulation des biscuits type cookies à base de la farine de quinoa en vue d'apporter une valeur nutritionnelle. Dans ce chapitre nous présenterons l'ensemble des résultats et discussion relatifs à notre étude. En effet, les caractéristiques physico-chimiques, microbiologique et en fin organoleptique et nutritionnelle.

Le produit enrichi obtenu est dans la (**figure12**) :

- **1<sup>er</sup> échantillon (E1)** : cookies avec 15% farine de quinoa.
- **2<sup>ème</sup> échantillon (E2)** : cookies avec 20% farine de quinoa.
- **3<sup>ème</sup> échantillon (E3)** : cookies avec 30% farine de quinoa.



**Figure 8** : les trois formulations de biscuits avec le témoin.

**REMARQUE** : le déroulement de la cuisson des biscuits a été fait dans deux jours E1 à la fin de la cuisson ou la température était trop élevée 210°C contrairement aux échantillons E2, E3 et le témoin où la cuisson a été faite au début du lancement de la production ou la température été faible 190°C ce qui explique la différence de couleur foncée pour E1 et clair pour E2 et E3.

### III.2 Caractérisation physico-chimiques des matières premières

Il est bien reconnu que la composition des paramètres des matières premières influe sur la qualité du produit fini.

#### III.2.1 La farine

L'entreprise de Bimo fabrique leurs biscuits avec la farine panifiable de la marque « Labelle », les paramètres physico-chimiques étaient réalisées au niveau de groupe « La belle » ; Le Bulletin d'analyse est montré en (**annexe IV**).

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la farine de blé tendre utilisé pour la fabrication des cookies au niveau de l'entreprise « **Bimo** » sont dans le (**tableau9**).

**Tableau 5** : Résultats d'analyses physico-chimiques de la farine.

Critères d'analyse	Résultat	Norme recommandées
pH	5,76±0,15	proche de 7(AfNOR)
Humidité (%)	13,07±0,11	11 à 15 (NA)
Gluten (%)	9.5 ±0,07	8 à 12 (NA)
Taux de cendres(%)	0.75±0,05	Préférence de l'acheteur (codex alimentarius)
Acidité(%)	0.02±0,01	< 0,07 (Codex alimentarius)

NA : Normes algérienne.

AFNOR : normes françaises (NFV05-108).

Les résultats présentés dans le **tableau9** ci-dessus montrent que la farine utilisée dans la fabrication du notre biscuit est conforme aux normes établies par **JORA (2017)** et selon la norme **AFNOR (1986)** en terme de taux d'humidité, de cendres, d'acidité grasse de gluten et de pH

### III.2.2 Le quinoa

Les résultats d'analyses physico-chimiques de quinoa effectuées au niveau de l'entreprise : pH, humidité et le gluten ; le (**Tableau10**) suivant montre les résultats obtenus :

**Tableau 6** : Résultats d'analyses physico-chimiques du quinoa

Critères d'analyses	Résultats
Humidité (%)	10,6±0,06
Gluten	00
pH	6,11±0,01
Cendres (%)	3±0,05

- La teneur en eau de farine de quinoa est de **10.6%**. Le résultat est faible. D'après, le *Codex alimentarius 2018* ; le quinoa utilisé sous la forme de semences à des fins de multiplication ou de produits dérivés du quinoa (par exemple farine, flocons). Sa teneur en eau ne dépasse pas les **13% maximum**.

- L'analyse du gluten a prouvé que la farine de quinoa est exempte de gluten, nous avons obtenu des petits grumeaux qui ne forme pas une pâte homogène (**Figure14**).



**Figure 9** : Analyse du gluten de la farine de quinoa.

### III.2.3 La poudre de lait

Les paramètres physico-chimiques recherchés pour la poudre de lait au niveau l'entreprise Bimo sont : L'acidité, l'humidité et le pH

Les résultats des analyses de la poudre de lait sont dans le tableau suivant :

**Tableau 7** : Résultats d'analyses de la poudre de lait.

Critères d'analyse	Résultat	Norme recommandées
pH	$6.67 \pm 0,07$	>6.2
Humidité (%)	$3.5 \pm 0,08$	<5 (NA)
Acidité (°D)	$12.93 \pm 0,10$	> 18 (NA)

En comparant les résultats obtenus et les analyses effectuées sur la poudre de lait est aux normes recommandées, ce qui indique la bonne qualité physico-chimiques de la poudre de lait.



### III.2.4 Résultats microbiologiques de la farine de quinoa

**Tableau 8 :** Caractéristiques microbiologique de la farine de quinoa.

Germes recherchés	résultats	Normes J.O.R.A N°39
Coliforme fécaux ( <i>E. Coli</i> ) (UFC/g)	ABS	$\leq 20$
Levures et moisissures (UFC/g)	ABS	$\leq 10^3$
Clostridium sulfito-réducteur(UFC/g)	ABS	$10^2 - 10^3$
Staphylocoques à coagulase +(UFC/g)	ABS	$10^2 - 10^3$

**ABS : Absence totale**

La farine de quinoa analysée est de qualité microbiologique satisfaisante marquée par l'absence de Coliforme fécaux, de levures et moisissures, de Clostridium sulfito-réducteur, Staphylocoques à coagulase + et cela selon le journal officiel de la république Algérienne (**JORA, 2017**).

**Remarque :** Les analyses microbiologiques ont été effectués pour la farine du quinoa au niveau de laboratoire d'Hygiène de la wilaya de Blida, pour les autres ingrédients ils étaient pris des mêmes lots de fabrication du biscuit à l'entreprise de « Bimo » qu'ils étaient déjà analysés au niveau de laboratoire de microbiologie de la même entreprise.

La (**Figure14**) montre l'absence totale des germes pathogène dans la farine de quinoa utilisée dans la fabrication des biscuits enrichis.

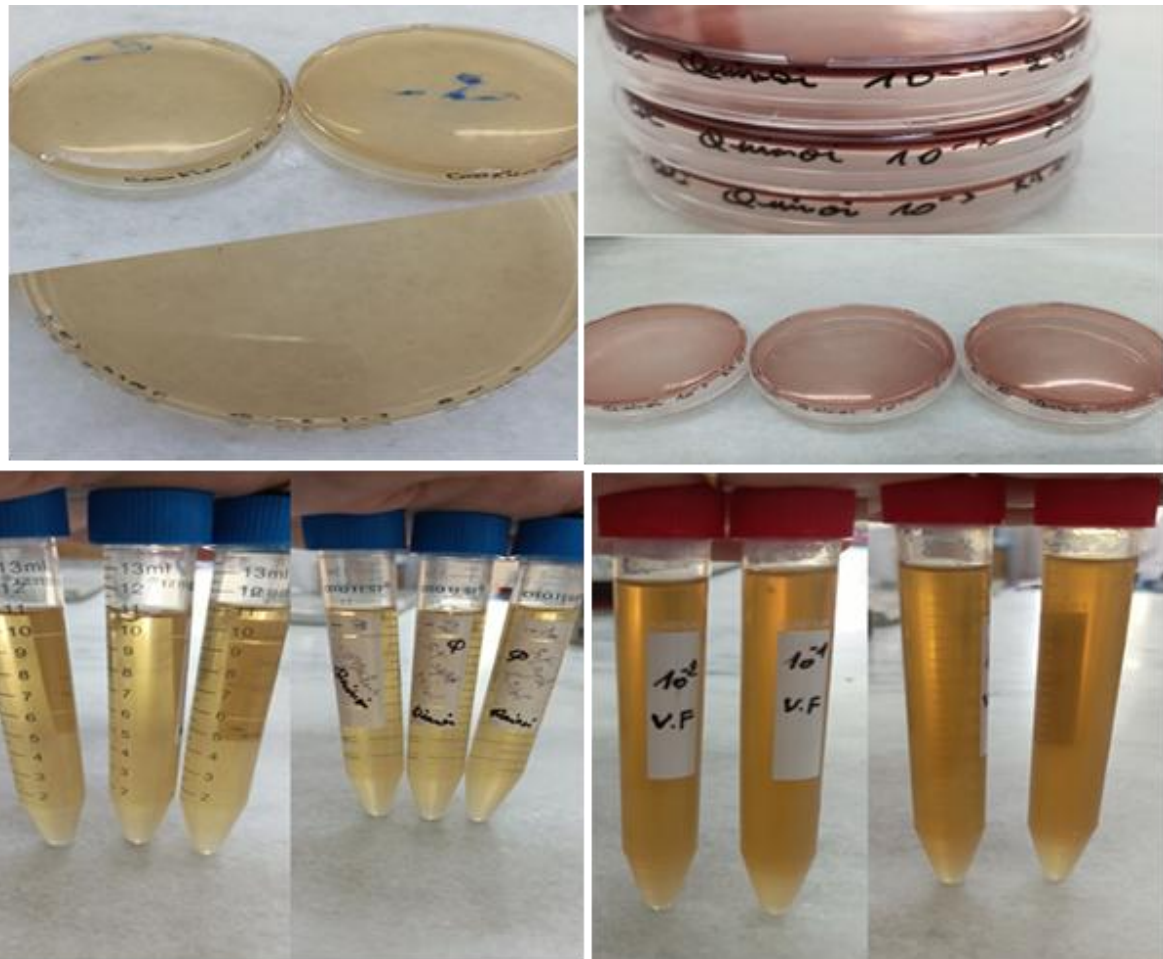


Figure 10 : Résultats d'analyses microbiologiques de la farine de quinoa.

### III.3 Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques du produit fini

#### II.3.1 Résultats des analyses physico-chimiques

Les caractères physico-chimiques des cookies témoin et enrichis (E1, E2, E3) sont mentionnées dans le (Tableau13) suivant :

Tableau 9 : Résultats d'analyses physico-chimiques du produit fini

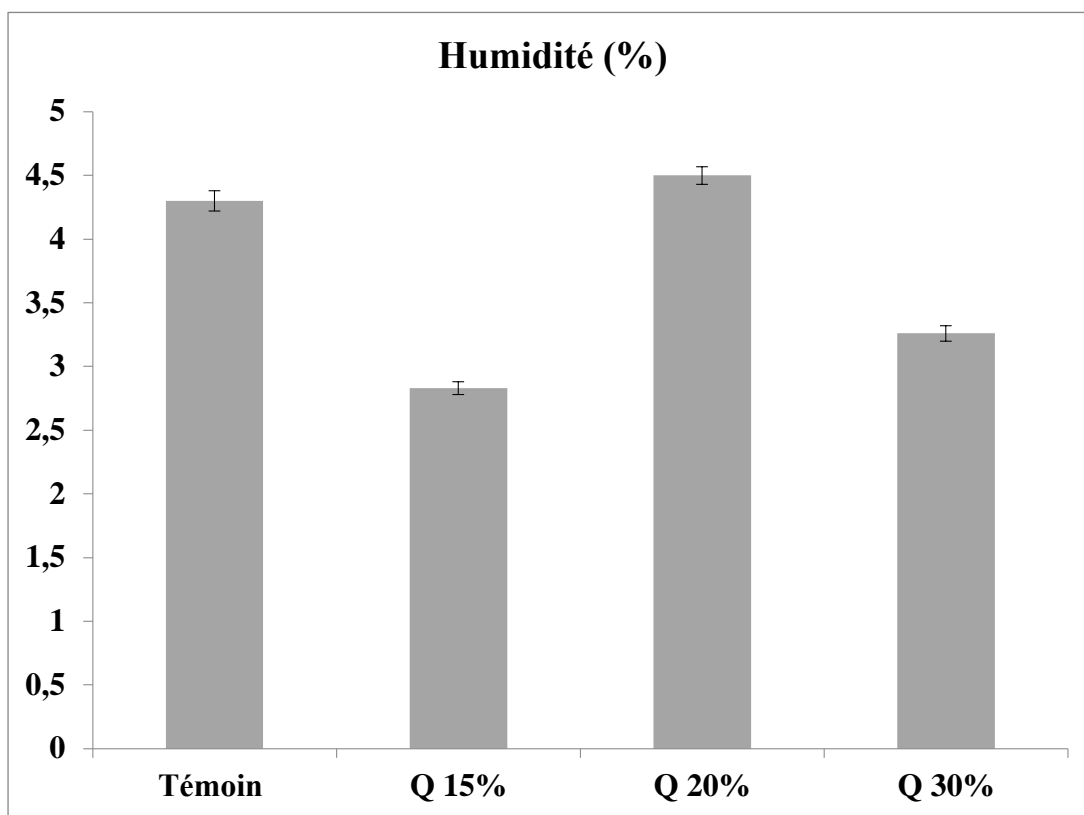
Résultats				
Critères d'analyses	Biscuit témoin	Biscuit ( E1)	Biscuit (E2)	Biscuit (E3)
pH	6.9 ±0,12	6.33 ±0,21	7.20 ±0,30	6.55 ±0,10

<b>Humidité (%)</b>	<b>4.30 ±0,08</b>	<b>2.83 ±0,05</b>	<b>4.50 ±0,07</b>	<b>3.26 ±0,06</b>
<b>Matière grasse (%)</b>	<b>14.39 ±0,32</b>	<b>17.22 ±0,14</b>	<b>20.83 ±0,43</b>	<b>23.9 ±0,55</b>
<b>Cendres (%)</b>	<b>1.02±0,09</b>	<b>1.37±0,06</b>	<b>1.38±0,10</b>	<b>1.39±0,07</b>
<b>Protéines (%)</b>	<b>8.50 ± 0,21</b>	<b>10.45 ±1,6</b>	<b>11.10 ±2,22</b>	<b>12.4 ±0,34</b>
<b>Fibres (%)</b>	<b>1,5 ± 0,056</b>	<b>1,85 ± 0,077</b>	<b>2,38 ± 0,11</b>	<b>3,41 ± 0,21</b>
<b>Glucides totaux (%)</b>	<b>71.79</b>	<b>68.22</b>	<b>62.21</b>	<b>59.05</b>
<b>Valeur énergétique ( kcal/100g)</b>	<b>450.40</b>	<b>469.68</b>	<b>480.74</b>	<b>500.88</b>

**E1** : biscuit enrichi en 15%, **E2** : biscuit enrichi en 20%, **E3** : biscuit enrichi en 30%

### a. Teneur en eau

La teneur en eau des biscuits est mentionnée dans la **Figure 16** :



Q : taux d'enrichissement de quinoa

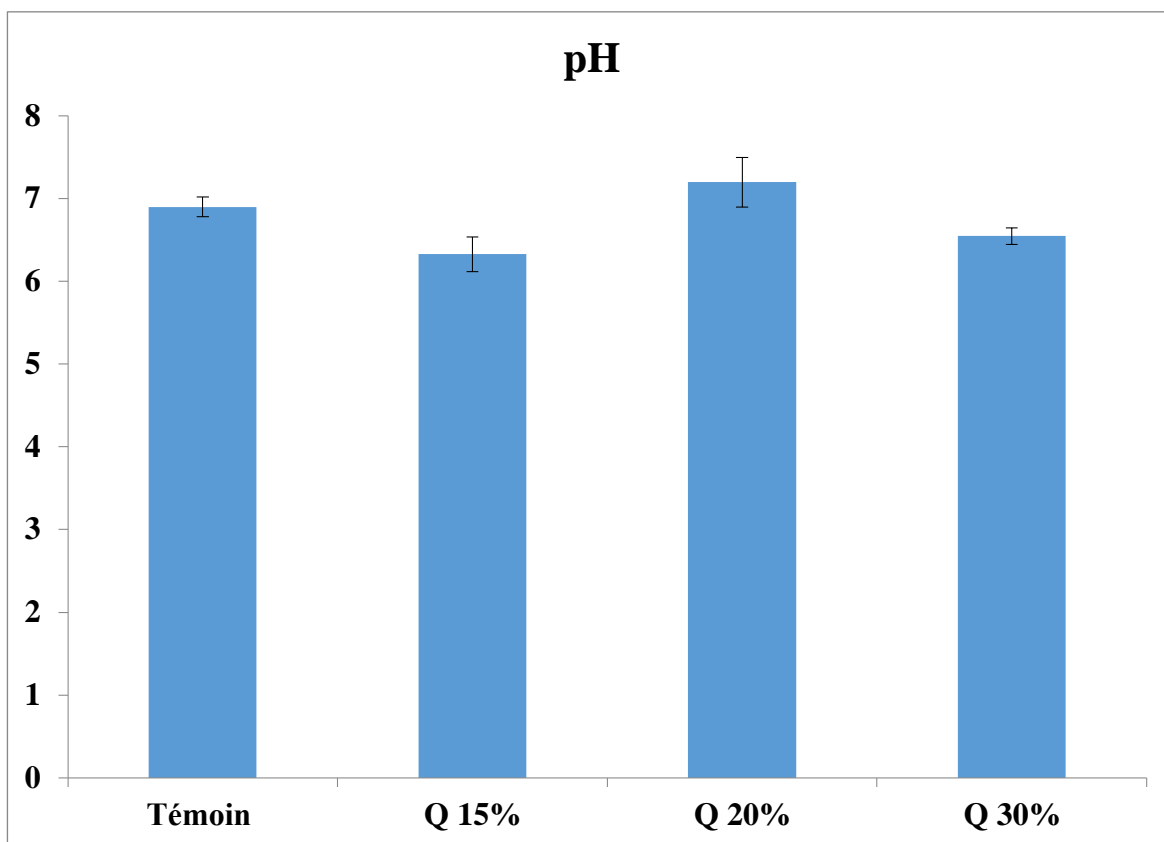
**Figure 11** : Résultats d'analyses de l'humidité des biscuits témoins et enrichis en quinoa.

La teneur en eau des biscuits est de 2,82%, 4,5% et 3,26% pour les biscuits E1, E2 et E3 respectivement. La teneur en eau de biscuit enrichi en 20% de quinoa (E2) est de 4,5% supérieure que le biscuit témoin mais elle reste toujours conforme aux norme, les valeurs d'humidité des biscuit enrichis en 20 et 30% de quinoa (E1) et (E3) est de 2,83 et 3,26%.

La teneur en eau des biscuits formulés est en moyenne de 3,52%. Le meilleur résultat est marqué pour le biscuit enrichi en 15% de quinoa (E1) car quand l'humidité est faible la durée de stockage du produit est longue. Ces résultats sont proche aux biscuit témoin (4,3%) et répond aux commission de la réglementation **UE 2017**.

## b. Le pH

Résultats d'analyse de pH des biscuits est mentionnée dans la **Figure 17** :



Q : taux d'enrichissement de quinoa

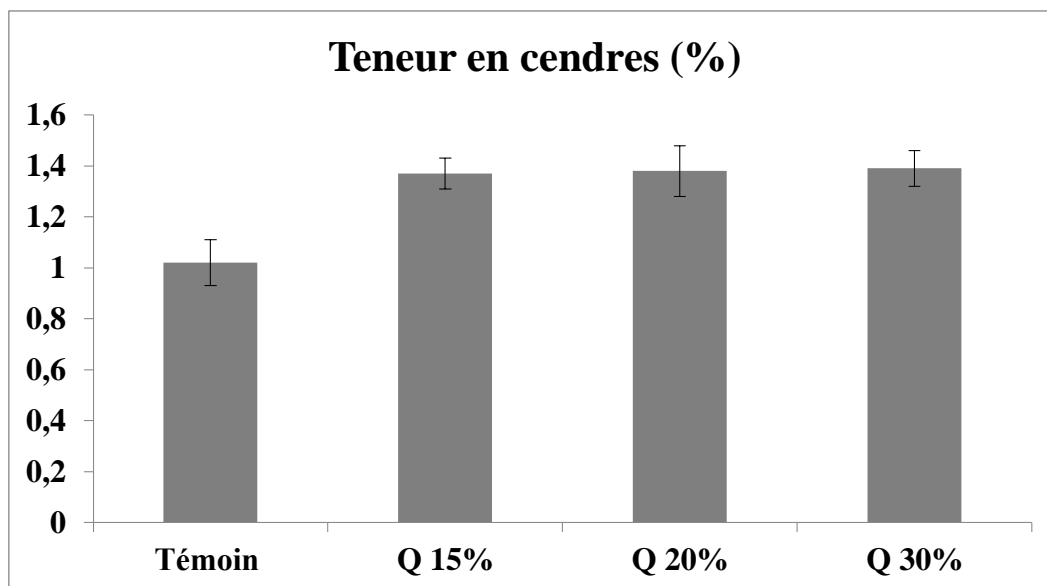
**Figure 12** : Résultats d'analyses de pH des biscuits témoins et enrichis en quinoa.

Le pH des biscuits formulés est de (6.33, 7.2 et 6.55) pour le E1, E2 et E3 dans l'ordre, ces valeurs sont proches de la valeur du biscuit témoin qui de valeur 6,9 ce qui montre que les biscuit enrichis sont conformes avec la norme (neutre).

Les valeurs du pH des biscuits enrichis tendent vers la neutralité avec une moyenne de 6,7. Cette moyenne est proche aux pH du biscuit témoin (6.9). Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus par (MAHSA MAJZOABI ,2016). Les variations de pH peuvent entraîner d'importantes différences de goût, de fraîcheur et de durée de conservation (MATALLAH, 1970). Les normes préconisées par le centre Food and Drug Administration des états –Unis qui varient de 7.2 à 7.6 (FDA, 1992).

### c. Taux de cendres

Le taux de cendres des biscuits est mentionné dans la **Figure18** :



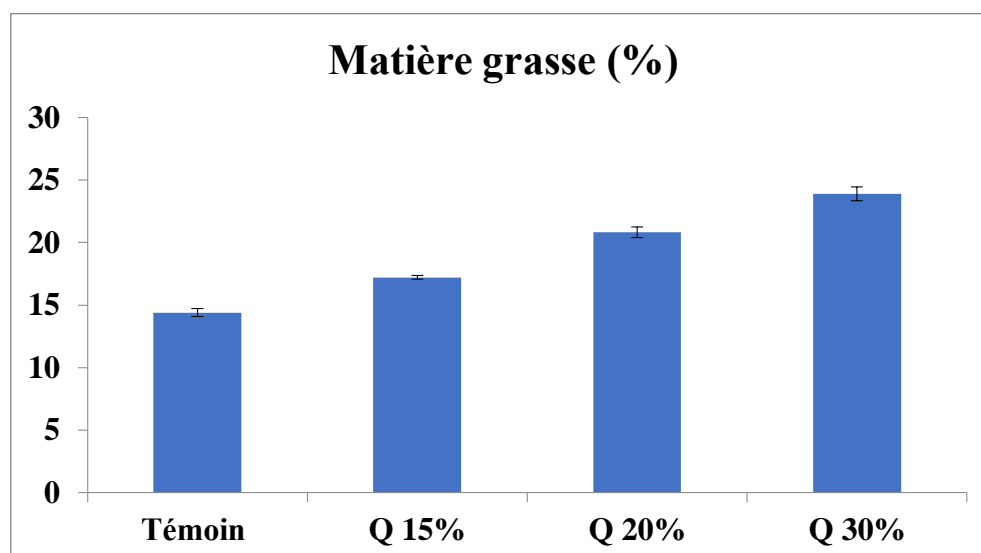
Q : taux d'enrichissement de quinoa

**Figure 13** : Résultats d'analyses des cendres des biscuits témoins et enrichis en quinoa.

Les taux de cendres obtenus produits finis augmentent avec l'augmentation du taux de quinoa incorporé (1.28%, 1.35% et 1.39% pour les biscuits enrichis en 15, 20 et 30% de quinoa, E1, E2 et E3 respectivement). Les valeurs obtenues sont supérieures à celles de biscuit témoin qui est de l'ordre de 1.02%. Cette différence est supposée être due à l'enrichissement apporté par la farine de quinoa qui est très riches en minéraux. A cet effet, cette teneur en minéraux confère aux biscuits une valeur nutritionnelle intéressante.

### d. Teneur en matière grasse (lipides)

La teneur en protéine des biscuits est mentionnée dans la **Figure 19** :

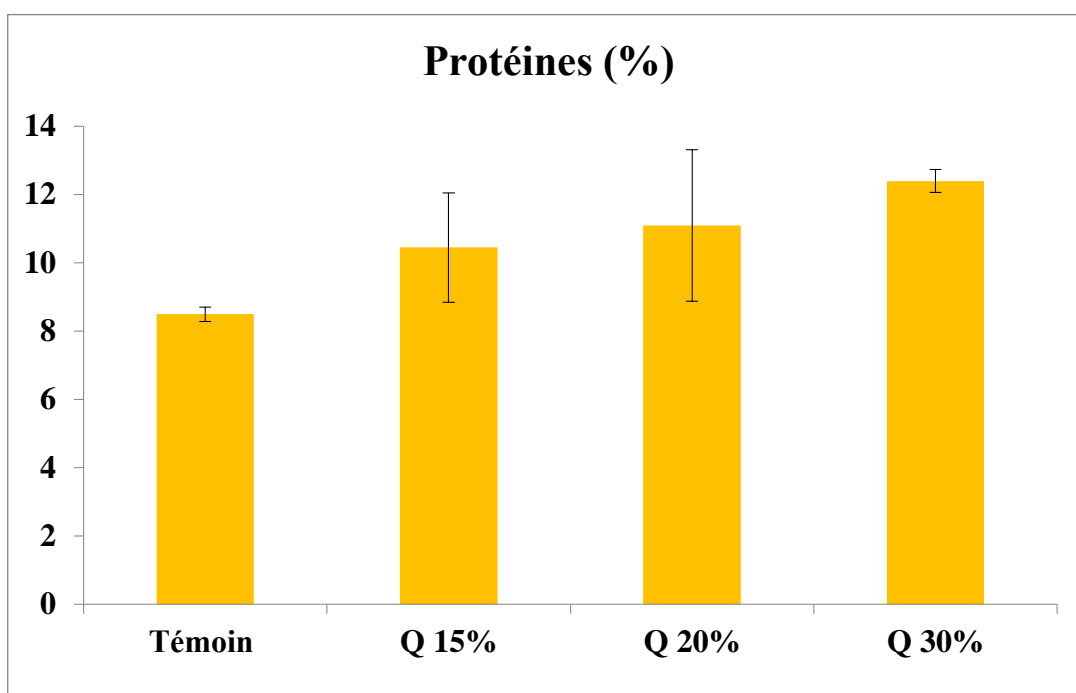


**Figure 18** : Résultats d'analyses de la matière grasse des biscuits

La figure ci-dessus montre que la teneur en lipides augmente avec l'augmentation de taux de quinoa incorporé dans les biscuits à savoir 17,22% ,20,83% et 23,9% pour les biscuits E1, E2 et E3 enrichis en 15, 20 et 30% de quinoa respectivement. Les valeurs obtenues par la méthode de soxhlet sont supérieures à celle de biscuit témoin avec une valeur de 14.39%. La différence est due à la richesse du quinoa en matière grasse. Ceci confère aux biscuits un fort potentiel calorifique. L'augmentation du taux de matières grasses contribue à l'amélioration de la composition nutritionnelle des biscuits.

#### e. Teneur en protéine

La teneur en protéine des biscuits est mentionnée dans la **Figure 21** :



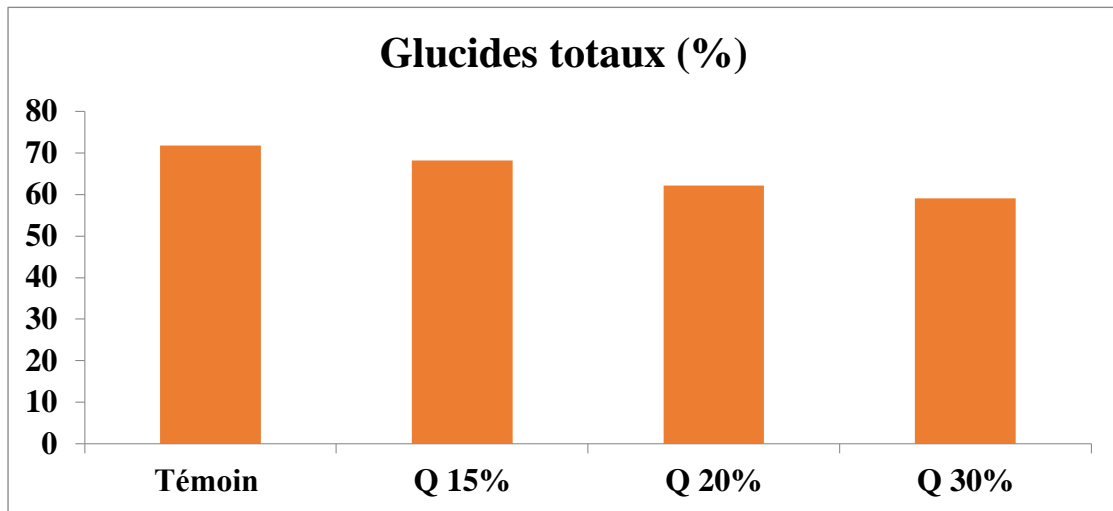
Q : Taux d'enrichissement de quinoa

**Figure 19** : Résultats d'analyses de protéines des biscuits enrichis.

Après l'analyse des biscuits par la méthode kjeldhal, les résultats des teneurs en protéines quant à eux sont en ordre de 10,45% pour le (E1), 11,10% pour le (E2) et 12,4 pour le (E3). Nous remarquons que les biscuits présentent des teneurs en protéines élevées par rapport à la valeur rapportée par le biscuit témoin de l'entreprise BIMO qui est de l'ordre de 8,5%. Cette amélioration du taux de protéine est due à l'addition de la farine de quinoa qui est très riche en protéines 13%.

#### f. Teneur en glucides

La teneur en glucides a été calculé par la formule d'AWATAR, nous avons obtenu les résultats suivants (**Figure21**) :



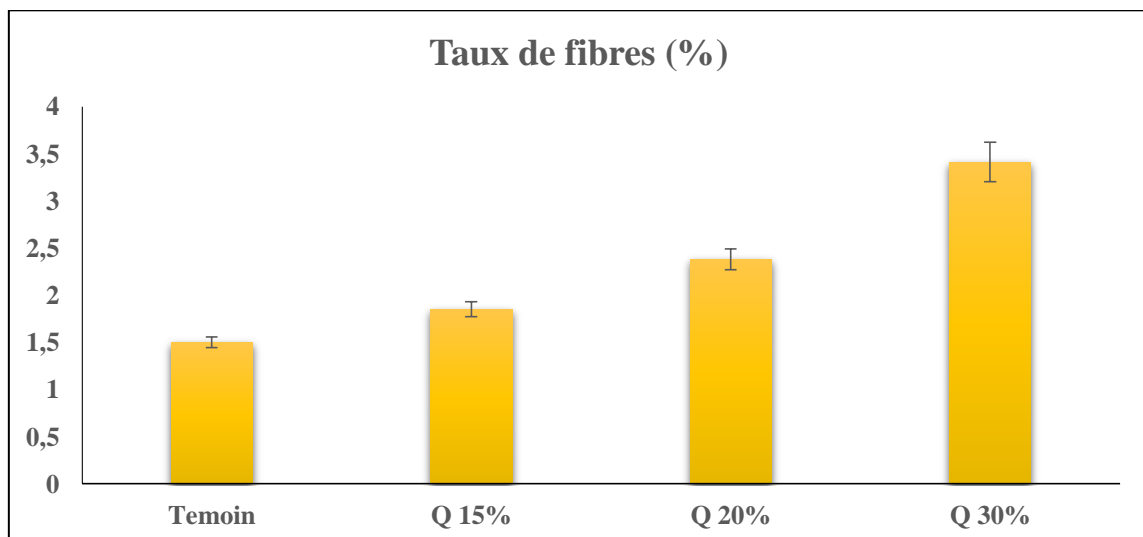
Q : Taux d'enrichissement de quinoa

**Figure 20** : Résultats d'analyses des glucides des biscuits enrichis.

Le biscuit témoin est un aliment très riche en glucides avec une teneur de 71.79%. Mais avec l'enrichissement en quinoa le taux de glucides dans les biscuits diminue progressivement les teneurs de glucides totaux deviennent 68.22%, 62.21% et 59.05% pour les biscuits E1, E2 et E3 enrichis en 15, 20 et 30% de quinoa respectivement. Ces valeurs obtenues sont inférieures à celle de biscuit témoin, cette différence trouvée dans les valeurs est due au faible apport du quinoa en glucides.

#### g. Taux de fibres

La teneur en fibres alimentaires des biscuits est mentionnée dans la **Figure 23** :



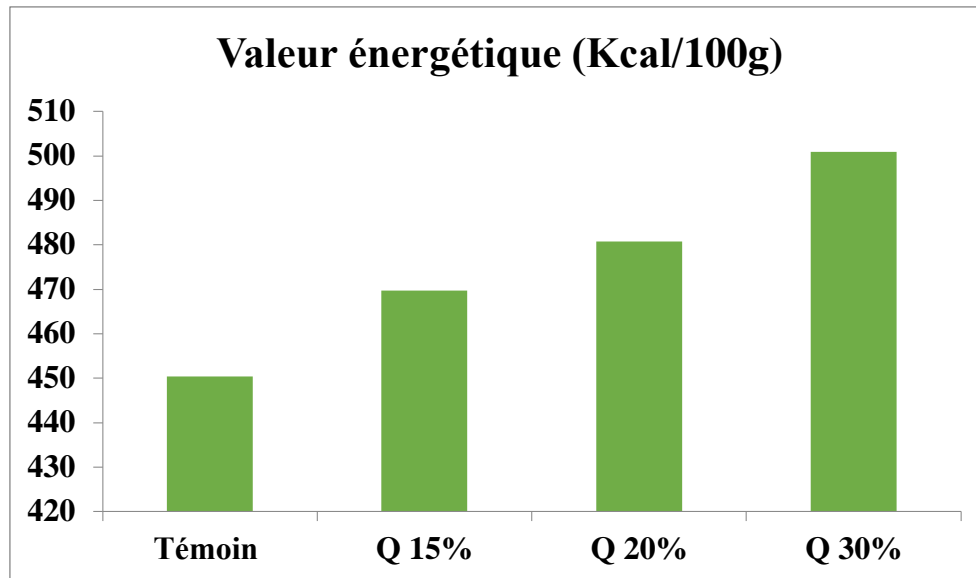
Q : Taux d'enrichissement de quinoa

**Figure 21** : Le taux de fibres des biscuits témoins et enrichis en quinoa



La figure ci-dessus montre les résultats du taux de fibres dans les biscuits enrichis en quinoa par rapport aux biscuit témoin. Ils sont en ordre de 1.8% pour le (E1), 2.3% pour le (E2) et 3.5% pour le (E3). Nous remarquons que les biscuits présentent des teneurs en fibres élevées par rapport à la valeur rapportée par le biscuit témoin qui est de l'ordre de 1.5%, et ça due à l'enrichissement du quinoa

#### **h. Valeur énergétique**



Q : Taux d'enrichissement de quinoa

**Figure 22 :** La valeur énergétique des biscuits enrichis en quinoa.

Les valeurs calorifiques obtenues confèrent aux biscuits un pouvoir nutritionnel très intéressant. Retenant que les biscuits optimisés (hautes valeurs énergétiques) pourront servir de compléments alimentaires en cas de carences protéino-énergétiques.

Il ressort de l'analyse des résultats que les biscuits élaborés en plus de leurs richesses en substances minérales, sont d'excellentes sources d'énergies (protéines, lipides et glucides).

### **III.3.2 Résultats d'analyses microbiologiques de produit fini**

Les analyses microbiologiques permettent de mettre en évidence et de quantifier les germes (bactéries, levures, moisissure) dans les biscuits fabriqués.

Un produit exempt de microorganismes pathogènes, présente une garantie contre toute atteinte à la santé, à la sécurité et aux intérêts matériels du consommateur (Loi n° 09-03 du ministère du commerce algérien ; 2009).

Les résultats des analyses microbiologiques des produits finis sont illustrés dans le tableau suivant :

**Tableau 10** : Résultats d'analyses microbiologiques du produit fini.

<b>Germes recherchés</b>	<b>Témoin</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>Normes J.O.R.A N°39(2017)</b>
<b><i>Germes aérobies mésophiles totaux (UFC/g)</i></b>	3.6. 10 <sup>2</sup>	3.210 <sup>2</sup>	3.310 <sup>2</sup>	3.510 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>4</sup>
<b><i>Coliformes fécaux (E. coli)(UFC/g)</i></b>	Abs	Abs	Abs	Abs	≤30
<b><i>Levures et Moisissures(UFC/g)</i></b>	Abs	Abs	Abs	Abs	≤10 <sup>3</sup>
<b><i>Staphylocoques à coagulase + (UFC/g)</i></b>	Abs	Abs	Abs	Abs	10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup>
<b><i>Salmonella (UFC/g)</i></b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25g

*UFC* : Unité forme colonie

Les analyses microbiologiques effectuées sur les quatre types de biscuits (Témoin et enrichis en quinoa E1, E2, E3), montrent une similitude dans les résultats obtenus (**Tableau 14**).

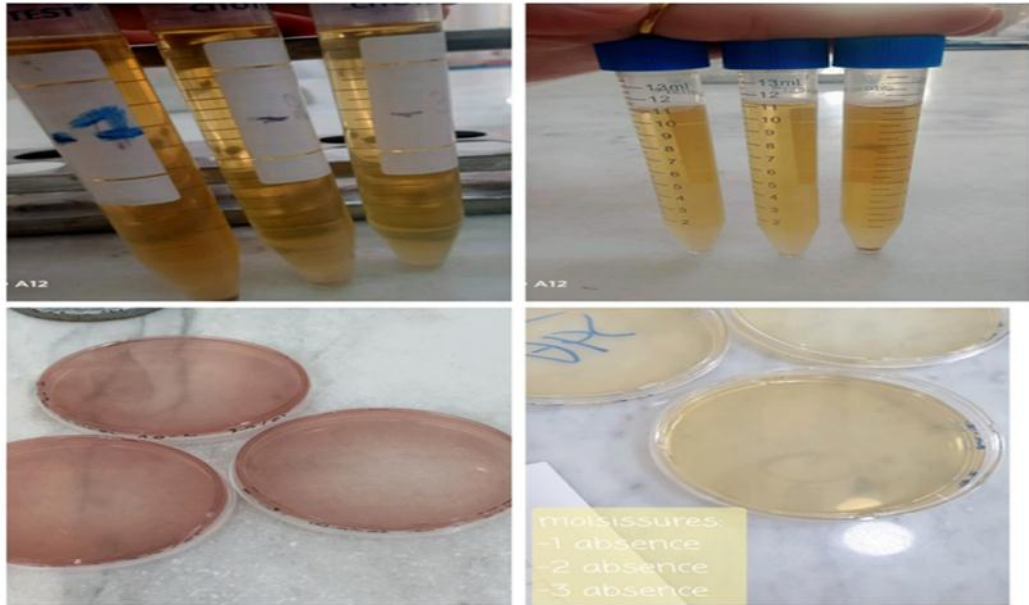
Nous remarquons la présence des germes aérobies mésophiles totaux, mais ces valeurs sont dans les normes recommandées par JORA 2017.

Les germes aérobies mésophiles totaux sont inférieurs par rapport aux normes algériennes.

Les germes indicateurs de contamination fécale : **Coliformes fécaux (*E. coli*)** et les germes pathogènes ***Salmonella*** sont totalement absents. Le même résultat est trouvé pour les ***Levures et Moisissures et Staphylocoques à coagulase+***.

L'absence des ***Coliformes fécaux et Salmonella***, constitue un facteur d'innocuité et confère aux biscuits une bonne qualité sanitaire.

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous pouvons dire que l'aliment fonctionnel formulé (E1, E2, E3), est **conforme** aux normes exigées par le (**JORA N°39 du 2 juillet 2017**), donc, ce sont de qualité **microbiologique satisfaisante** aux normes de la réglementation Algérienne.



**Figure 23** : Résultats d'analyses microbiologiques des biscuits.

### III.4 Qualité organoleptiques des Biscuits

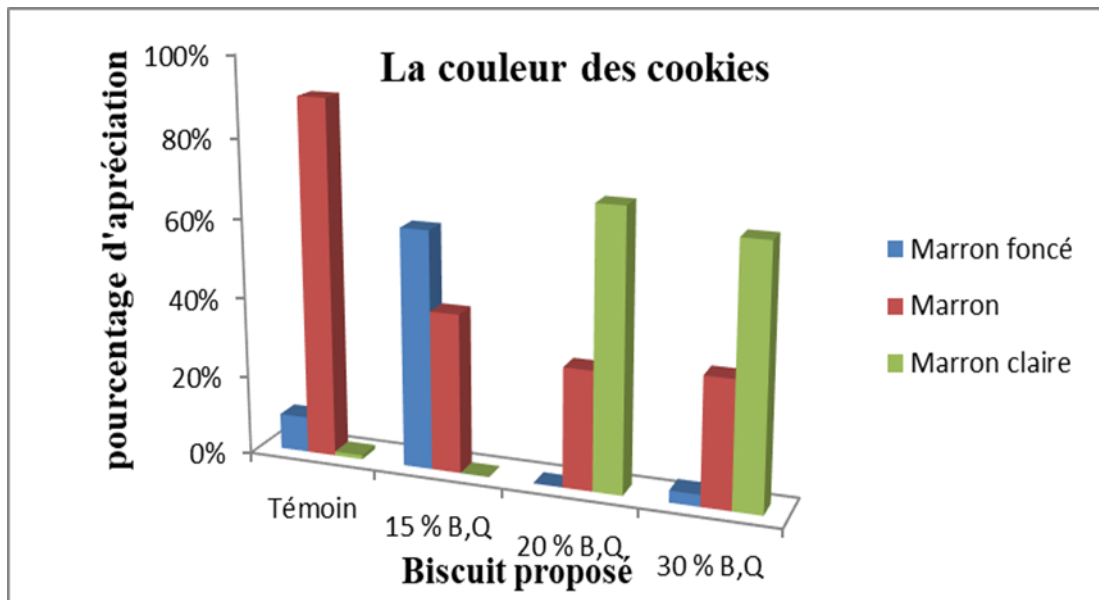
La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale des biscuits. L'analyse sensorielle des biscuits est faite par un panel de 39 personnes avec une moyenne d'âge qui varie de 19 à 50 ans. Ils ont dégusté les quatre catégories de biscuits (témoin et enrichis en 15, 20 et 30% de quinoa **E1**, **E2** et **E3** respectivement) en utilisant des fiches de dégustations comportant les qualités identifiables suivantes : la forme, la couleur, l'aspect, homogénéité, le gout, l'odeur, la flaveur, l'arôme, la texture et la consistance.

Le jugement des dégustateurs est dicté par leur appréciation personnelle des biscuits qui leur sont présentés. Sur la base du nombre de points comptabilisés, suite à l'appréciation des différents critères organoleptiques, la classification des biscuits enrichis en quinoa est présentée du moins apprécié au plus désiré comme suit ; Témoin, biscuits enrichis en 15 % et 20% et en fin 30% de quinoa respectivement.

Le classement des membres de jury fait apparaitre une meilleure préférence pour les biscuits enrichis en quinoa par rapport à leurs homologues non enrichis.

#### Couleur

La couleur est un paramètre très important dans l'acceptation des produits céréaliers, son apparition commence vers les dernières étapes du processus de cuisson. Elle est le résultat de réactions de Maillard et la formation de composés réactifs (aldéhydes, cétones, composés dicarbonylés, ...) issus de la dégradation des sucres par caramélisation.



**B** : Biscuit

**Q** : Taux d'enrichissement de quinoa

**Figure 24** : Résultats d'évaluation de la couleur des biscuits.

La **figure 25** montre que :

Le biscuit témoin est de couleur marron pour 90% des dégustateurs, et marron foncé pour 9%.

Le biscuit E1(15%Q) est jugé de couleur marron foncé à 60%, et marron à 40%.

Le biscuit E2 (20% Q) est de couleur marron clair pour 70% des dégustateurs, et marron pour le reste 30%.

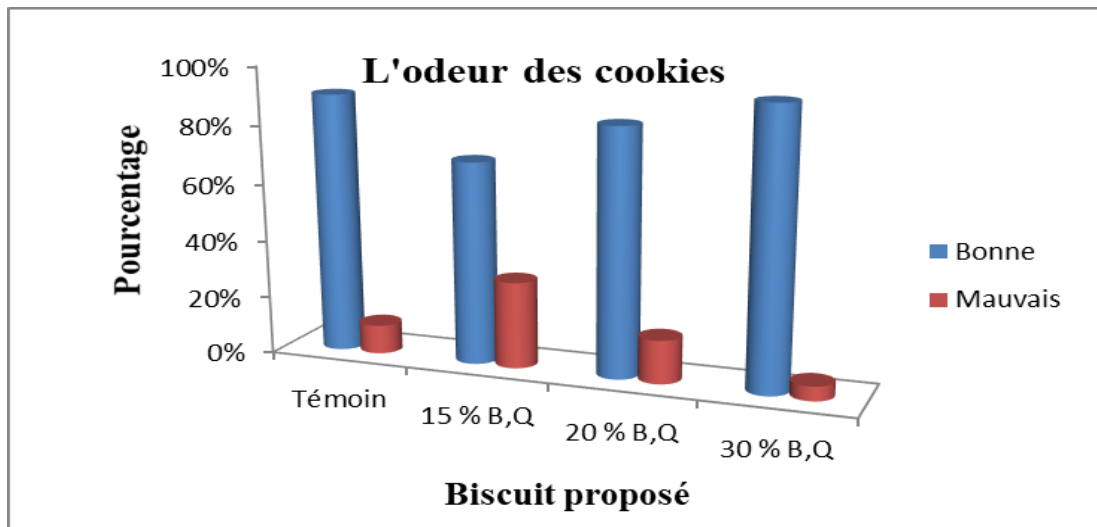
Et le biscuit E3 (30%Q) est de couleur marron clair à 65%, et marron à 32%.

Dans l'ensemble la couleur des biscuits témoins ou enrichis n'a pas changé, par conséquent elle est acceptable par les dégustateurs.

### Odeur

L'odeur des biscuits est représentée par un ensemble de composés volatils odorants au niveau de la croûte et la mie. Elle se forme généralement au niveau de la cuisson.

La (**figure 26**) montre l'ensemble des appréciations des dégustateurs de l'odeur des cookies.



**Figure 25** : Résultats d'évaluation de l'odeur des biscuits.

D'après la (**Figure 27**) ci-dessus nous constatons que les dégustateurs jugent l'odeur :

Du biscuit témoin comme bonne selon 90% et mauvaise pour le reste 10%.

Du biscuit E1 (15%Q), l'odeur est bonne à 70%, et mauvaise à 30%.

Du biscuit E2 (20%Q), l'odeur est bonne à 85% et mauvaise à 15%.

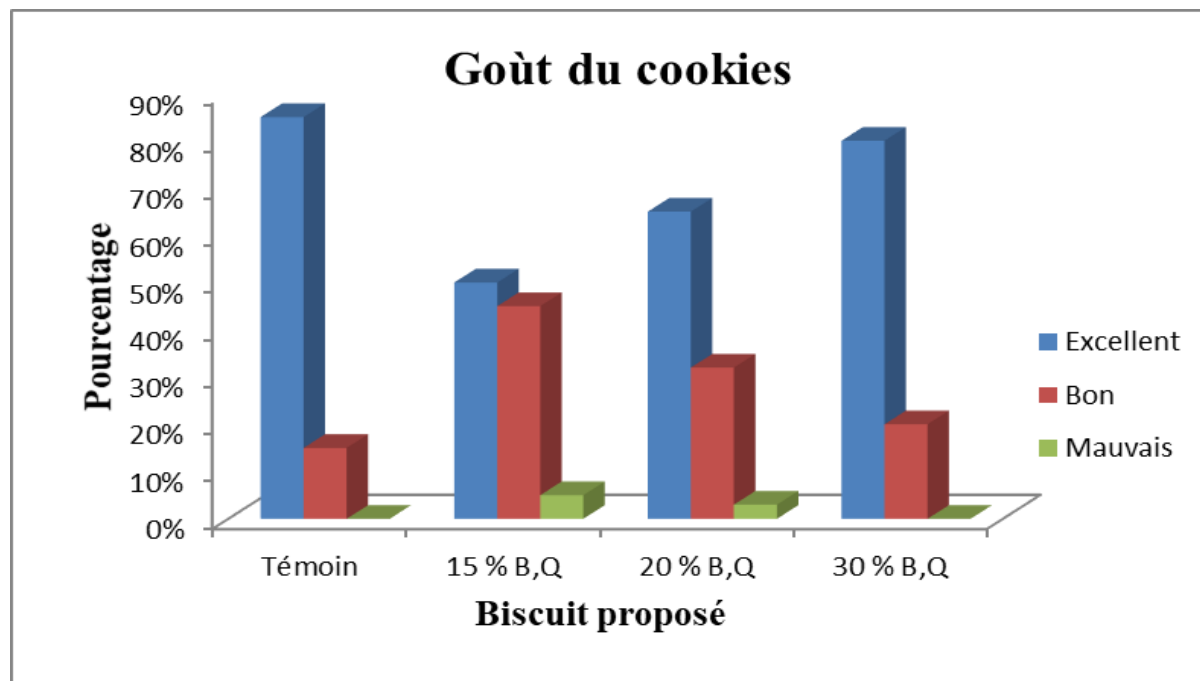
Du biscuit E3 (30%Q), l'odeur pour 95% des dégustateurs est bonne et mauvaise à 5%.

L'ensemble des biscuits testés possède une odeur caractéristique d'un biscuit préparé à base de farine de blé. Cette odeur d'après (**BOUSQUET et LAURANT, 2004**) est le résultat de réaction de Maillard (liaison lysine, glucose) apparition de composés volatils, et les arômes des différents ingrédients.

Les avis de dégustateurs autour de l'odeur des biscuits testés étaient la recherche de la source de cette odeur et essaye de se souvenir ou de se référencier à une odeur déjà senti auparavant. La mémoire des odeurs importantes est toujours associée à des émotions car l'olfaction est la seule sens connectée anatomiquement avec le cerveau contrôlant l'émotion et la pensée. Il semble que les odeurs résistent plus à l'oubli que l'image.

## Goût

Le goût est le second critère des consommateurs après le prix. Les politiques de santé publique encouragent par ailleurs les entreprises alimentaires à concilier l'amélioration nutritionnelle et maintenir les qualités sensorielles. La (figure 28) présente les résultats de l'appréciation du goût des biscuits formulés par les dégustateurs.



**B** :biscuit

**Q** : Taux d'enrichissement des biscuits en quinoa

**Figure 26** : Résultats de l'évaluation du goût des biscuits.

La (Figure 28) montre que :

Le biscuit témoin est jugé excellent à 85%, et bon à 12.80%, qui totalise une acceptabilité positive de 97.8%.

Le biscuit E1 est excellent à 50%, et bon à 43% qui totalise une acceptabilité positive de 93%.

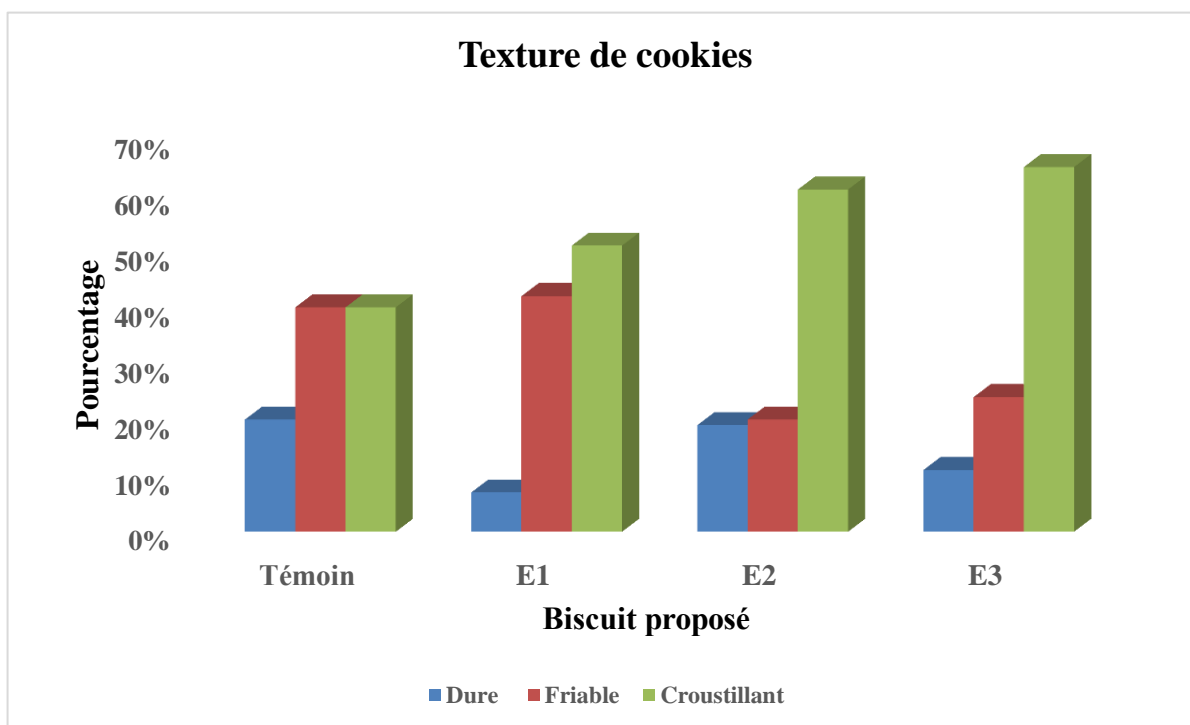
Le biscuit E2, les dégustateurs ont jugés le goût excellent à 64.5%, et bon 30%, qui totalise une acceptabilité positive de 94.5%.

Le biscuit E3 a été jugé excellent à 75.5%, et bon à 20%, qui totalise une acceptabilité positive de 95.5%.

L'ensemble des biscuits enrichis en quinoa présentent un gout sucré moins intense que le biscuit témoin.

## Texture

La texture c'est la sensation ressentie lorsque les cookies sont mis en bouche avant son ingestion. La (figure 29) représente les résultats de l'appréciation de la texture des biscuits enrichis en comparaison avec les biscuits témoins.



E1 : Biscuit enrichi en 15% quinoa, E2 : Biscuit enrichi en 20% quinoa, E3 : Biscuit enrichi en

**Figure 27** : Résultats de l'évaluation de la texture des biscuits

Il ressort de la **figure 29** que la texture des biscuits :

Témoin est jugé croustillante à 40%, et friable à 40%, et dure à 20%.

Enrichis avec 15% de quinoa (E1) est jugée croustillante à 51%, et friable à 42%, et dure à 7%.

Enrichis avec 20% de quinoa (E2), les dégustateurs ont jugé la texture croustillante à 61%, friable à 20% et dure à 19%.

Enrichis avec 30% de quinoa (E3) est jugée croustillante à 65%, et friable à 24%, et dure à 11%.

### III.5 Résultats des analyses physiques

Les résultats des analyses physiques des biscuits enrichies et biscuit témoin sont représentés dans le (tableau 15)

**Tableau 11** : résultats des analyses physiques des biscuits

Caractère physique des biscuits	Résultats			
	Témoin	15%Q	20%Q	30%Q
La masse (g)	18	18	19	19
Diamètre (Cm)	7	7	8	8
Epaisseur (Cm)	0.9	0.9	1.1	0.9
Etalement	7.7	7.7	7.3	8.8
Surface ( $cm^2$ )	43.96	43.96	50.24	50.24

Q : taux d'enrichissement de quinoa

Les résultats d'analyses physiques montrent :

La valeur de masse (18g) du biscuit témoin égale à celle du biscuit E1 (Q15%) et inférieur par rapport aux biscuits E2 et E3 qui (19g).

Le diamètre et l'épaisseur des biscuits enrichis (7,8cm et 0,9 cm) sont assimilable aux biscuits témoin (7cm) et (0.9 cm) sauf le biscuit E2 (Q20%) a une épaisseur qui (1,1 cm) supérieur aux autres biscuits enrichis.

### III.6. Résultat de l'étude économique

Le prix de vente de quinoa pris comme exemple est de 1200DA/Kg. Le coût élevé de matières premières constitue un problème que rencontre le biscuit enrichi. Les résultats obtenus dans le (tableau 16), présentent l'étude économique de l'incorporation de quinoa en biscuit sec formant l'aliment fonctionnel



**Tableau 12 : Étude économique du biscuit enrichi en quinoa**

<b>Les ingréd- dients</b>	<b>Quantité d'ingrédient</b>	<b>%</b>	<b>Prix (DA/1kg)/HT</b>	<b>Prix de quantité utilisé (DA/g)/HT</b>
Farine (g)	238g	4%	85Da	20,2Da
Sucre (g)	120g	2%	90Da	10,8Da
Graisse végétale (g)	140g	4%	300Da	42Da
Quinoa (30% enrichissement)	102g	2%	1200Da	122,2Da
Lait poudre	20g	%	400Da	6Da
Bicarbonate de Sodium	3,2g	3%	100Da	0,32Da
Pyrophosphate	2g	2%	350Da	0,7Da
Bi.Ammonium	2,4g	,2%	200DA	0,48Da
Eau (m <sup>3</sup> )	92g	,2%	6Da	0,00055Da
Pépite de chocolat (g)	120g	2%	600Da	72Da
<b>Total</b>	<b>959,6g</b>	<b>/</b>	<b>3334,5Da</b>	<b>270 ,7Da</b>
1 kg de biscuit enrichi en 30% de quinoa (DA)	/		<b>376Da</b>	/
1 kg de biscuit témoin non en- richi en quinoa (DA)	/		<b>262 ,47Da</b>	/
Une pièce de biscuit enrichi en 30% de quinoa (DA)	/		/	<b>75 ,2Da</b>
Une pièce de biscuit témoin non enrichi en quinoa (DA)	/		/	<b>52,49Da</b>

HT : Hors taxes ; DA : Dinar algérien. Ingrédients pour 30 biscuits (g).

Une légère différence des prix des biscuits enrichis en quinoa en comparaison avec ceux non enrichi est notée. Le coût du biscuit augmente avec l'augmentation du quinoa incorporé.

Le prix d'un kg de biscuit enrichi en 30 %d de quinoa revient à 376 DA en comparaison avec le biscuit témoin non enrichi avec 262,47DA/Kg de biscuit. Le coût d'une pièce de biscuit enrichi est de75,2DA par rapport à 52,49 DA/ pièce de biscuit témoin.

## III.2. Discussion

La consommation de céréales complètes et les pseudo céréales a des effets bénéfiques pour la sante dues à sa composition principalement en protéines (de 9,1–15,7 g), de 4,0–7,6 g de matières grasses totales et de 8,8–14,1 g fibres alimentaires. Les fibres les plus abondants sont les fibres solubles et insolubles à savoir, la cellulose, l'arabinoxylan-glucane, le xyloglucane et le fructane (**PULVENTO ET AL., 2012 ; NIRMALA PRASADI ET JOYE, 2020**).

Cette étude a exploré l'effet de l'incorporation de la farine d'une pseudo-céréales riche en protéines et en fibres sur les caractéristiques physico-chimiques, technologiques, microbiologiques, organoleptiques et économique des biscuits types cookies de l'entreprise BIMO en comparaison avec des biscuits témoins non enrichis est fabriqué à base de farine de blé tendre a tendance biscuitière.

Il a été démontré que la mortalité et l'incidence de plusieurs maladies chroniques non transmissibles comme les cancers, le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires sont réduites chez les personnes qui consomment régulièrement des céréales complètes (**TIERI et al., 2020**).

Cependant, ces avantages pour la santé pourraient ne pas être reproduits par la consommation de céréales raffinées comme la farine blanche issue de la mouture de l'albumen de blé tendre. Ainsi la farine blanche se caractérise par des niveaux plus faibles de minéraux, de vitamines, de fibres et de composés phytochimiques (**WILLETT ET LIU, 2019**).

Cela représente un sujet important de la santé publique puisque la grande majorité des céréales consommées sont généralement sous forme raffinée (**LANG et JEBB, 2003**).

Les résultats des analyses physicochimiques de l'aliment fonctionnel fabriqué montrent que le taux de protéines, de fibres de matière minérales et de lipides augmente avec l'augmentation du taux de quinoa incorporé dans les biscuits en comparaison avec les cookies témoin non enrichi. Les résultats des analyses technologiques des biscuits montrent que l'ajout de la farine de quinoa a considérablement changé le réseau gluténique. Le taux de gluten diminue avec l'augmentation de taux de quinoa incorporé dans le biscuit.

Les résultats des analyses physico-chimiques de la matière première ont confirmé l'absence de gluten dans la farine de quinoa. Les mêmes résultats ont été trouvé par (**ALVA-REZ-JUBETE et al., 2010**).

Le quinoa a été utilisé comme supplément pour améliorer la qualité nutritionnelle et enrichir les produits alimentaires. Il contient également les dix acides aminés essentiels et sa teneur en protéines varie de 12,9 à 16,5 % (**BASTIDAS et al., 2016**)

Des études ont montré que la consommation de 100g de biscuits au quinoa fournis les besoins quotidiens en Fe, Mg, Ca et Zn à 2.43, 44.81, 19.46 et 1.12% respectivement (**NADIAN et al., 2021**). Les grains de quinoa contiennent entre 10 et 14% de fibres alimentaires (**MARIE HERBLON, 2015**).

Les résultats obtenus de cette étude et les résultats de la littérature montrent que les biscuits enrichis en quinoa sont équilibrés et riches de point de vue nutritionnelles et riche en protéines, fibres, lipides et minéraux en comparaison avec le biscuit témoin non enrichi.

Les résultats du glucide des biscuits formulés ont diminué (68.22%, 62.21%, 59.05%) avec l'ajout du quinoa (E1 : 15% Q, E2 : 20% Q et E3 : 30%Q) respectivement. Cette différence trouvée est probablement due au faible apport des grains du quinoa en Glucides. Les résultats des analyses microbiologiques montrent que l'aliment fonctionnel formulé (E1, E2, E3), est conforme aux normes exigées par le (**JORA N°39 du 2 juillet 2017**), donc, ce sont de qualité microbiologiques satisfaisante.

Les biscuits ont généralement une faible teneur en humidité et sont avantageux en ce qui concerne l'aspects microbiologique. En plus de la cuisson de ces derniers à une température élevée (280°C), suffisante pour détruire les germes pathogènes en plus de l'application rigoureuse de tous les paramètres d'hygiène et les bonnes conditions de stockage du produit fini.

Les résultats d'analyse physique des biscuits montrent que le quinoa n'a pas modifier les propriétés physiques du biscuit.

Les biscuits pétris pendant une longue durée ont un diamètre réduit avec une épaisseur de 0,9cm. **CONTAMINE et al, (1995)**, ont rapporté que la pâte pétrie pendant une longue durée donne un biscuit court et épais. Ceci est due au développement de réseau de gluten présentant une capacité assez importante à retenir le gaz produit par la dégradation de l'agent levant lors de cuisson de biscuit.

Les données de l'évaluation organoleptique ont révélé que le biscuit enrichi en quinoa est acceptable après le test hédonique sous le contrôle des principales caractéristiques sensorielles couleurs, texture, gout et odeur. Les mêmes observations ont été faites par (**QIANG XIA, 2002**).

Tenant compte des propriétés sensorielles, le biscuit E3 enrichi en 30 % de quinoa présente les meilleures caractéristiques sensorielles à savoir le goût sucré et la texture croustillante, l'arôme forte et une saveur agréable en plus qu'il est de caractéristiques physiques acceptable par les dégustateurs.

Selon **MELO *et al.*, (2004)**, **ADEBOWALE *et al.*, (2012)**, la qualité du biscuit est liée au goût, à la texture, à l'aspect et à d'autres facteurs qui dépendent des interactions entre divers ingrédients et conditions de traitement et de stockage.

Une série de réactions biochimiques se développent particulièrement lors de la fabrication des biscuits et qui sont responsables de la modification de la couleur et la texture et de l'élaboration de l'arôme et du goût. Il s'agit principalement de (**CHEVALLIER *et al.*, 1999**):

- La réaction de Maillard.
- La caramélisation des sucres.
- L'oxydation des lipides.

Ces réactions sont dues à la température élevée de la cuisson (>100°C), au repos de la pâte à une température qui varie de 15 et 50°C dont la matière grasse fonde (**FEUILLET, 2000**). Le processus de cuisson, provoque la dégradation des glucides intrinsèques (amidon), aussi l'oxydation des matières grasses, dénaturation des protéines qui entrent en réaction avec les produits de dégradation des glucides et lipides produisant ainsi des composés carbonylés (hydroperoxydes ou/et aldéhydes) selon la réaction de Maillard (**MECHRAOUI et BELKHADEM, 2009**).

La variation globale de texture entre les biscuits n'est pas remarquable. **Chevallier et Cotonna, (2002)** ; **Ardent *et al.*, (2009)**, ont démontré que ni l'agrégation protéique (débutant à 85°C dans le cas des biscuits petit beurre) ni la gélatinisation de l'amidon qui, dans le cas des biscuits est limitée en raison de la faible teneur en eau, n'ont pas d'effets sur le développement de la texture finale du biscuit. Les mêmes auteurs montrent que le sucre fondu durant le processus de cuisson retrouve un état vitreux après refroidissement et participe au développement de la texture du biscuit et à la cohérence des agrégats constitutifs.

Les deux principaux critères qui permettent l'acceptabilité d'un produit par le consommateur sont le goût et l'arôme. Lorsqu'un aliment est consommé, un mécanisme complexe se produit entre les récepteurs du goût dans la bouche et les récepteurs d'arôme dans la cavité nasale qui entraîne une perception de la saveur (**NAKNEAN ET MEENUNE, 2010**). Bien que les composés non volatils et les composants structurels contribuent de manière significative à la reconnaissance du goût, les composés aromatiques volatils sont considérés comme les principaux facteurs qui influencent le goût et l'acceptabilité globaux des aliments (**TAYLOR ET LINFORTH, 1996**).

La cuisson améliore la digestibilité et la structure du produit, développe la texture, mais l'effet majeur est la transformation des attributs sensoriels, en particulier la formation d'arômes (**POZO-BAYON *et al.*, 2006** ; **MOHSEN *et al.*, 2009**).

La consommation d'aliments est un processus élaboré qui comprend la mastication, la salivation, le mouvement de la langue et la déglutition et, par conséquent, ces événements ont un impact sur la vitesse et l'intensité auxquelles un arôme est perçu (**LINFORTH *et al.*, 1999**).

En outre, la matrice alimentaire peut posséder un certain nombre de facteurs qui influencent la libération d'arômes ; par exemple, la viscosité, la teneur en matières grasses et la présence d'hydro colloïdes et d'émulsifiants (**KOLIANDRIS *et al.*, 2008 ; GARVEY *et al.*, 2019**).

Sur le plan biochimique, des modifications physico-chimiques sont mises en jeu dans le biscuit au cours de la cuisson et de stockage. Ces changements sont essentiellement d'ordre moléculaire et sont principalement causés par les transformations hygrothermiques qui effectuent les constituants majoritaires de la pâte (**CHEVALLIER, 1999**) :

Cristallisation des sucres

Gélatinisation de l'amidon

Dénaturation des protéines

Auto-oxydation des lipides.

La couleur est un paramètre que le consommateur remarque immédiatement par son influence sensorielle subjectif (**CHEFTEL ET CHEFTEL, 1977 ; LARA *et al.*, 2011**).

La texture est un paramètre de qualité important qu'on puisse mesurer physiquement. Son importance est de taille pour la biscuiterie et la formation d'une miette tendre et flexible est désirée (**LARA *et al.*, 2011**). La variation globale de texture entre les biscuits n'est pas remarquable.

D'après ces résultats de cette étude, nous pouvons conclure que le biscuit E3 (qui est produit à partir de 30% farine de quinoa et 70% farine de blé) répond à notre objectif grâce à sa richesse en protéines, en minéraux et en fibres ainsi la forte valeur énergétique. Cependant, les analyses organoleptiques que les dégustateurs préfèrent les biscuits enrichis en quinoa que le biscuit témoin,

Donc, Nous avons réussi à élaborer un aliment fonctionnel qui regroupe entre un profil nutritionnel bénéfique et le plaisir organoleptique et économique du consommateur.

## Conclusion

L'objectif général de ce travail est la contribution à l'élaboration d'un aliment fonctionnel « biscuit type cookies » par l'incorporation de 15%,20%,30% de la farine du quinoa afin d'améliorer le profil nutritionnel, organoleptique de ces produits en comparaison avec les biscuits témoins.

Par ailleurs, différents types d'analyses physico-chimiques et technologiques ont été effectuées tout long de l'expérimentation sur les matières premières et l'aliment fonctionnel. Ainsi que la formulation et caractérisation biochimique, microbiologique, sensorielle et économique de produit fini (cookies).

A la lumière des résultats obtenus, il y a lieu de souligner les principales conclusions suivantes :

-Le screening phytochimique effectué sur les biscuits a permis de révéler une augmentation considérable de la valeur nutritionnelle, essentiellement, le taux de protéines 10,45%, 11,1%, 12,4% respectivement pour les biscuits enrichis en 15%, 20%, 30% de quinoa.

Une augmentation du taux de fibres solubles des biscuits enrichis avec l'augmentation du taux d'incorporation de quinoa jusqu'à 3,41% (E3 biscuit enrichi avec 30% de quinoa) en comparaison avec les biscuits témoins non enrichis (1,5%).

-Une augmentation de taux de la matière grasse des biscuits enrichis 17,22%, 20,83%, 23,9% respectivement avec l'augmentation du taux d'enrichissement de la farine de quinoa.

-Une amélioration de taux de matière minérale des biscuits enrichis par rapport aux témoins.

Ces caractéristiques font du biscuit enrichi en quinoa un aliment fonctionnel intéressant sur le plan nutritionnel.

Selon les résultats de cette étude, il est suggéré que le quinoa pourrait être utilisé comme un substitut pseudo-céréale au blé. Les résultats ont montré que les biscuits enrichis en quinoa ont une faible teneur en sucre avec une bonne quantité et qualité de protéines, de minéraux, de fibres et de composés phénoliques. La teneur en sucre et en calories des biscuits a diminué avec la substitution du quinoa.

Sur le plan sensoriel, les biscuits enrichis en quinoa sont bien appréciés par les dégustateurs. Ils sont caractérisés par un très bon goût (sucré), une couleur appétissante (marron), une texture friable agréable.

Aussi, sur le plan microbiologique les biscuits préparés sont conformes aux normes, marqués par l'absence totale des microorganismes pathogènes quel que soit le taux de farine de

quinoa incorporé. Cette bonne qualité hygiénique est due au respect des règles d'hygiène dans l'unité de travail.

L'étude de l'aliment fonctionnel montre le coût élevé du biscuit enrichi en quinoa par rapport au témoin. Le prix d'un kg de biscuit enrichi en 30% de quinoa revient à **376DA** en comparaison avec le témoin non enrichi **262,47 DA/Kg** de biscuit. Cela est dû au coût élevé du quinoa.

Il ressort que l'incorporation de quinoa à une farine à tendance biscuitière entraîne des améliorations technologiques, nutritionnelles et organoleptiques et de la qualité globale du produit fini (biscuits) .

Ces résultats ont approuvé le potentiel du biscuit enrichi en quinoa comme un aliment fonctionnel qui peut être consommé par les diabétiques, obèses et les personnes ayant des problèmes de transit intestinal.

### **Perspectives**

- Elargissement du domaine d'application dans le secteur agroalimentaire.
  
- Elaborer des biscuits sans gluten à base du quinoa.
  
- Passant la caractérisation du produit à l'échelle microscopique et moléculaire

# **Références bibliographique**



## Références bibliographique

### A

**ACOBSEN, S. E., 2003.** The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, v. 19, p.167-177.

**AIT AMEUR, 2006.** « Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard : 146 Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique, Paris – Grignon. Ecole Doctorale ABIES Agriculture – Alimentation – Biologie – Environnements Santé. Paris, 207p

**ADEBOWALE et al., 2012.** Functional properties and biscuit making potentials of sorghum-wheat flour composite. *American Journal of Food Technology*, 7(6), 372-379.

**AKPAPUNAM, M.A AND DARBE, J.W; 1994.** Chemical Composition and Functional Properties of Blended Maize, Bambara Groundnut Flour for Cookies production. *Plant Food Hum. Nutri*; 46:147-155.

**ALOPA, A. P., 2001.** Effect of sesame seed flour on Millet Biscuit Characteristics. *Plant Food Hum. Nutri.*, 56: 195-200p .

**ALVAREZ-JUBETE L., ARENDT E.K., GALLAGHER E. 2010.** Nutritive value of pseudo cereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends Food Sci. Tech.*, 21(2), 106-113.

**ANONYME, 2014.** Fiche de synthèse : Quinoa ; Une culture à fort potentiel d39; adaptation et de production pour le Maroc Ed; Groupe Crédit Agricole du Maroc. Rabat. Royaume du Maroc.5p.

**ARMAND B ET GERMAIN M. 1992.** «Le blé : éléments fondamentaux et transformation » Ed saint Foy .PP : 439-440.

**ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC).1997).**Official Methods of Analysis,16<sup>th</sup> Ed,Washington D.C

**ASIEDOU JJ. et THIEKORO C., 1991.** « La transformation des produits agricoles en zone tropicale. 335p.

### B

**BAZILE D, BAUDRON F. 2015.** The dynamics of the global expansion of quinoa growing in view of its high biodiversity. In: Bazile D, Bertero HD, Nieto C, eds. State of the art report on quinoa around the world in 2013. Santiago du Chili: FAO, pp. 42–55.

**BAZILE D, PULVENTO C, VERNIAU A, AL-NUSAIRI M, BA D, BREIDY J, et al. 2016.** Worldwide evaluations of quinoa: Preliminary results from post-international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in Plant Science* 7(850): 18.

**BELAID. D, 2017.** Algérie: Utiliser le quinoa comme fourrage en sol salé. Ed : Collection brochures agronomiques. Alger. Algérie. 3p.

**BENOIT. T. 2013.** Evaluation des impacts environnementaux des cultures de quinoa du Projet Quinoa dans l'altiplano tarijeño (Bolivie) et propositions alternatives biologiques. Ed : Université Catholique de Louvain. Bruxelles. Belgique P 03.

**BENOUALID K. 1987.** Valeur biscuitière des blés tendres point sur les études en cours au CTUC. *Ind des céréales*, 45: 17-33.

**BERTERO H.D., KING R.W. & HALL A.J., 2004.** Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Res.*, 60, 231-243.

**BOURDEAU A et AL, 1992.** Le blé : Eléments fondamentaux et transformation. Les presses de L'UNIVERSITÉ LAVAL. Ed. Saint Foy. 439 pp.

**BOUREKOUA, 2018 :** « Panification traditionnelle sans gluten type « khobz eddar » : formulation avec améliorants naturels. Thèse de doctorat en Sciences. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie, 137 p.

**BOUSQUET, R et LAURENT, A., 2004** Travaux pratiques de techniques culinaires biosciences et techniques science des aliments.

**BRODOWSKA, M., GUZEK, D. ET WIERZBICKA, A. 2014.** Modern technological solutions used in the production of bakery products with high biological value. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8(22): 83-92

## C

**CARIMENTRAND A, BAUDOIN A, LACROIX P, BAZILE D, CHIA E. 2015.** Quinoa trade in Andean countries: Opportunities and challenges for family. In: Bazile D, Bertero HD, Nieto C, eds. State of the art report on quinoa around the world in 2013. Santiago du Chili: FAO; CIRAD, pp. 330–342.

**CHEVALIER S., COLONNA P., DELLA VALLE G and LOURDIN D. 1999-** Structural modifications of biscuit dough during baking-Rôle of ingredients. INRA. Paris. Les Collègues, 191-197 p

**CHEVALIER S., COTONNA P. 2000.** Contribution of the major ingredients during baking of biscuit dough system. *Journal of cereal science*, 31: 241-

**CHARPY I., LANGLADE M., ROMAIN A.R. 2008.** La spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? Institut de recherche pour le développement UR 167. (CYROCO), 6 (17) : 31-41.

**CHEBLAOUI ET YAHIA TENE. 2016 :** « Contribution à la diversification de l'alimentation pour l'enfant cœliaque : fabrication de farine- Biscuit sans gluten ».PP :15-16.

**CHEFTEL J.C., CHEFTEL H., BESANÇON P. 1997.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 2. TEC et DOC, Lavoisier, Paris, 116 p

**CONTAMINE, A.S., ABECASSIS, J., MOREL, M.H., VERGNES, B. ET VEREL, A. 1995.** Soft wheat products Effect of mixing conditions on the quality of dough and biscuits. Cereal Chemistry, 72(6) : 516-522

**COUTOULY G ET MARCUSSEN L, 1998.** « Biscuits et biotechnologies » Ed Initiative for boitechnology. 29p.

## D

**DAWS. M. Y ET AL MOALLEM. A. 2018.** Productivity evaluation of three introduced quinoa varieties under central highlands conditions in Yemen Ed; Syrian journal of agricultural research. Damascus. Syria. Pp 102-113.

**DIAZ.D. 2015.** Le quinoa, un aliment de base des Andes dans un marché dynamique. Ed; responsAbility Investments. Zurich, Suisse. P 03.

**DIPLOCK A.T .1999 :** concepts scientifiques d'aliments fonctionnels en Europe: Document de con-sensus, British Journal of Nutrition, 81, S1-S27

**DUGOURD, 2009.** « Préventions des emballages l'engagement des fabricants des biscuits et gâteaux ». Le syndicat des biscuits et gâteaux de France, 8p.

## E

**EL HHAFID. R, 2005.** Quinoa: The Next Cinderella Crop for Alberta? Ed; Alberta Agriculture, Food and Development. Alberta. Canada P10.

**ELIZABETH VAN STUJIVENBERG, M; JANE , D.K, MIEKE , F ; MARITA , K., DIANA , G.K; AND SPINLER , B.A .J. 1999 .** Effect of Iron –Iodine –and B –carotene – Fortified Biscuit on the Micronutrient Status of Primary School Children. American Journal of Clinical Nutrition; 69 (403) :497 -503.

Encyclopédie Microsoft 'Encarta', 2005.1993-2004 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

## F

- FAO.2012.** Master plan for the international year of quinoa: A future sown thousands of years ago. [http://www.fao.org/alc/file/media/a/q/pubs/master\\_plan.pdf](http://www.fao.org/alc/file/media/a/q/pubs/master_plan.pdf), consulté le 12 février 2015.
- FAO. 2014.** Assessment of the International Year of Quinoa 2013. <http://www.fao.org/docrep/meeting/030/mk172E.pdf>, consulté le 9 mai 2015.
- FAGANDINI. F, 2014.** La culture du quinoa en lien avec la gestion de ses parents sauvages par les communautés andines. Ed; CIRAD. Paris. France. P 5.
- FELLUEIT P. 2000 :** « La grain de blé composition et utilisation, Edition INRA. Paris, 308p.
- FERDINAND A. KIEHN ET MEL REIMER, 1992.** Culture de remplacement pour les prairies. Ed; Ministre des Approvisionnements et Services. Ottawa, Canada. P 43.
- FLEMING JE, GALWEY NW.1995.** Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In: Williams JT (ed) Cereals and pseudocereals. Chapman and Hall, London, pp 3–83.
- FLOSOS, J.D., NEWSOME, R. ET FISHER, W. 2010.** « Feeding the world today and tomorrow: the importance of food science and technology: An IFT scientific review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2010: 1-28.
- FUSTIER P.J. 2006.** Influence des fractions de mouture de blé tendre sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de Doctorat, Option Sciences en Technologies des Aliments, Département des Sciences des aliments et de Nutrition, Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec : 54 p.

## G

- GALWEY N.W., LEAKEY C.L.A., PRICE K.R., FENWICK G.R. 1990.** Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Sci. Nutr., 42F(4), 245-261.
- GALLAGHER E. 2008.** Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In *gluten free cereal products and beverages*, Ardent, E.K. & Fabio D.B. First edition, Academic press, Elsevier, p.p. 321-341.
- GERMAN. N, 2018.** Quinoa. Ed; Max Havelaar. Zurich. Suisse. 2 p.
- GRAF B.L., ROJO L.E., DELATORRE-HERRERA J., POULEV A., CALFIO C., RASKIN I. 2015.** Phytoecdysteroids and flavonoid glycosides among Chilean and commercial sources of *Chenopodium quinoa*: variation and correlation to physicochemical characteristics. J. Sci. Food Agric.

**Garvey E.C., O'Sullivan M.G., Kerry J.P., Kilcawley K.N. 2019.** Factors influencing the sensory perception of reformulated baked confectionary products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.

**GORDILLO-BASTIDAS.E, DIAZ-RIZZOLO.D. A, ROURA.E, MASSANES. T ET GOMIS. R 2016.** Quinoa (*Chenopodium quinoa*. Willd) from nutritional value to potential health benefits: An integrative Review. Ed; *Journal of nutrition and food Sciences*. Barcelona. Spain .P6.

## H

**HAOUA R ET TINGALI R. 2007.** « Essai d'incorporation de lactosérum en poudre dans la fabrication du biscuit type "Petit BIMO" » ,35 p.

**HERBILLON. M. 2015.** Le Quinoa: Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Ed; Université de Rouen-Normandie. Rouen. France. P34.

**HOODA S., JOOD S. 2005.** Organoleptic and nutritional evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour. *Food Chemistry*. 90: 427-43

## J

**K** Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *European Journal of Agronomy*, vol. 26 (pg. 471-475)

**JACOBSEN.2011.** The sustainability of quinoa production in southern Bolivia: from misrepresentations to questionable solutions. *J. Agron. Crop Sci*. 197: 390–399)

**JACOBSEN, S. E. 2011.**The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews*

**JANG, D. ET XU, Z. 2014.** Lipophilic and hydrophilic antioxidants and their antioxidant activities in purple rice bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 858-862.international, v. 19, p.167-177, 2003.

**JANCUROVA.M, MINAROVICOVA. L et DANDAR. A. 2009.** Quinoa – A Review Ed; *Czech J. Food SCI*. Vol 27.No 2. Bratislava. Slovaque République. Pp 71-74.

**JACOBSON RL, EISENBERGER CL, SVOBODOVA M , et al.**Outbreak of cutaneous Leshmaniasis. *J Infect Dis* 2003; 188:1065-73.

**JULIE PERRON DT.P., M.SC, SONIA POMERLEAU DT.P., M.SC, PIERRE GAGNON B.SC ET VERONIQUE PROVENCHER DT.P..2019.** Portrait des biscuits et galettes – Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, (2.3) : p6-7.

## **K**

**KABORE N. 2012.** « Optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chaire orange » P10.

**KIGER L ET KIGER J-G. 1967.** « Technique modernes des biscuiteries, pâtisserie boulangerie industrielle et artisanales et des produits de régime ». Tome 2. Ed DUNOD, Paris. PP : 134-138.

**KOLIANDRIS, A.-L., LEE, A., FERRY, A. L., HILL, S., & MITCHELL, J. 2008.** Relationship between structure of hydrocolloid gels and solutions and flavour release. *Food Hydrocolloids*, 22, 623e630.

## **L**

**LARA E., CORTES P., BRIONES V., PEREZ M. 2011.** Structural and physical modification of corn biscuits during baking process. *LWT-Food science and technology*. 44: 622-630.

**LIU M, ZHU K, YAO Y, CHEN Y, GUO H, REN G, ET AL. 2020.** Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor activities of phenolic compounds from white, red, and black Chenopodium quinoa seed. *Cereal Chemistry* 97(3): 703–713

**LUQUET F.M., CORRIEU G. 2005.** Bactéries lactiques et probiotiques. Paris: Ed Tec & Doc, 307 p.

**LUTZ W., SANDERSON W., SCHERBOV S. 2008.** The coming acceleration of global population ageing. *Nature*, 451, 716-719.

**LINFORTH, R., I. BAEK, AND A. TAYLOR. 1999. SIMULTANEOUS** instrumental and sensory analysis of volatile release from gelatine and pectin/gelatine gels. *Food Chemistry*. 65 (1):77–83p.

## **M**

**M. BILL ETHERINGTON 2002.** Aliments fonctionnels : intérêt du consommateur ou de l'industrie alimentaire.

**MAACHE-REZZOUG Z., BOUVIER J.M., ALLAF K., PATRAS C. 1998.** Effect of Principal Ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits. *Journal of Food Engineering*. 35: 23-42p.

**MOHTADJI-LAMBALLAIS, C. 1989 :** « Les aliments. Edition Maloine, Paris, 203 p.

**MOHSEN et al., 2009.** Effect of substitution of soy protein isolate on aroma volatiles, chemical composition and sensory quality of wheat cookies. *International Journal of Food Science & Technology*. 44 (9):1705–12p.

**MAMAT, H. ET HILL, S.E. 2018.** « Mini Review: Structural and functional properties of major ingredients of biscuit. *International Food Research Journal*, 25(2): 462-471.

**MANOHARR, S.R. ET RAO, H.P. 2002.** « Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *Food Research International*, 35: 807-813.

**MARRELLI. M, FILOMENA. C, FABRIZIO. A ET GIANCARLO. A.S. 2016.** Effects of saponins on lipid metabolism: A review of potential health benefits in the treatment of obesity. Ed; MDPI. Basel. Suisse. P 05.

**MELO ., 2004.** Modelos em programação matemática para o processamento do biscoito tipo cracker. *Food Science and Technology (Campinas)*. 24(3). 363-368p.

**MOORE. F. 2017.** Développement de la culture de quinoa en Outaouais Ed; Club des services agroenvironnementaux de l'Outaouais. Québec, Canada.

**MARTINE CHAMP. 2004.** « Les fibres alimentaires :definitions,méthodes de dosage, allégation nutritionnel » Rapport du comité d'expert spécialisé Nutrition humaine du 24 septembre 2004. AFSSA AGENCE FRANÇAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS.

**MUIR J.F.,. 2010.** Food security : the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818. Donnez les details de tous les auteurs

## N

**NADIAN, N., AZIZI, M. H., ABBASTABAR AHANGAR, H., & AARABI, A. 2021.** Textural and sensory characteristics of sugar-free biscuit formulated with quinoa flour, isomalt, and maltodextrin. *Food Science & Nutrition*, 9, 6501–6512

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

**NAKNEAN, P., AND M. MEENUNE. 2010.** Factors affecting retention and release of flavour compounds in food carbohydrates. *International Food Research Journal*. 17 (23):34p.

**NGUYEN T., LAU D.C.W. 2012.** The obesity epidemic and its impact on hypertension. *Can. J. Cardiol.*, 28(3), 326-333.

**NIRMALA PRASADI V.P., JOYE I.J. 2020.** Dietary Fibre from Whole Grains and Their Benefits on Metabolic Health. *Nutrients*. 5;12(10):3045.

**NOWAK ET AL. / Food Chemistry 193 (2016)**

## O

**ONU. ALGERIE. 2014.** Des perspectives pour le quinoa en Algérie Bulletin d'information du système des Nations Unies No 5 Janvier 2014. Ed; ONU. Algérie

**OSBOURN, A.; GOSS, R.J.M.; FIELD, R.A.** The saponins—Polar isoprenoids with important and diverse biological activities. *R. Soc. Chem.* 2011, 28, 1261.

## P

**PADUA, M. D., FONTOURA, P. S. G., & MATHIAS, A. B. 2004.** Chemical Composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützinger) Bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (Delile). *Brazilian Archives of Biology and Technology*.

**PEREZ C., NICKLIN C., DANGLES O., VANEK S., SHERWOOD S., HALLOY S., 2010.** Climate change in the high Andes: implications and adaptation strategies for small-scale farmers. *Int. J. Environ. Cult. Econ. Soc. Sustain.*, 6(5), 71-88. Donnez les détails de tous les auteurs

**PULVENTO, C., RICCARDI, M., LAVINI, A., IAFELICE, G., MARCONI, E., & D'ANDRIA, R. 2012.** Yield and quality characteristics of quinoa grown in open field under different saline and non-saline irrigation regimes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 198(4), 254–263.

**POUYAT. J. 2018.** Du quinoa pour freiner le vieillissement ? Ed ; La nutrition. France.

**POZO-BAYON M.A., GUICHARD P.B.E., CAYOT N. 2006.** Feasibility and application of solvent assisted flavour evaporation and standard addition method to quantify the aroma compounds in flavoured baked matrices. *Food Chemistry* 99 (2):416–23.

## Q

**Qiang Xia. 2022.** « Effects of Quinoa Flour on Wheat Dough Quality, Baking Quality, and *in vitro* Starch Digestibility of the Crispy Biscuits ». Ningbo University, China scientific article Published :13 April 2022 in *Front. Nutr.* 13p.

## R

**RAJEIBI.W, KAHLAOUI.B ET HACHICHA. M. 2015.** Effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa. Ed ; Editions Universitaires Européennes. Paris. France. P p44-51



**RAFFO, A., PASQUALONE, A., SINESIO, F., PAOLETTI, F., QUAGLIA, G. ET SIMONEONE, R. 2003.** Influence of durum wheat cultivar on the sensory profile and staling rate of Altamura bread. *European Food Research and Technology*, 218: 49-55.

**REPO-CARRASCO-VALÈNCIA, R. A.-M.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S.-E. 2003.** Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, v. 19, p. 179-189.

**RODRIGUEZ. J. H. 2015 .** La quinoa , una opcion para la nutricion del paciènte con diabetes mellitus .Ed; Centro de Atencion del Instituto de Endocrinologia. La Habana. Cuba, P 309

**ROJAS. W, JOSE LUIS. S ET CARRASCO. E. 2004.** Study on the social, environmental and economic impacts of quinoa promotion in Bolivia. Ed; PROINPA Foundation La Paz. Bolivia. P13

## S

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

**SERREM, C.A., 2010.** Development of soy fortified sorghum and bread wheat biscuits as a supplementary food to combat protein energy malnutrition in young children. Thèse de doctorat en Sciences des Aliments. Université de Pretoria, Afrique de Sude, 193 p.

**SIBOMANA. R, 2017.** La culture de quinoa Ed; La voix des collines (trimestriel d'information, de formation et d'action du monde rural. No 15-16). Bujumbura. Burundi. P26.

**SOFIA, 2016 ; REDJEM ET DERGHAL, 2016 :** «Sofia ES., 2016 : « Processus de fabrication des biscuits et gaufrettes ». P : 9 ; Redjem N et Derghal W ., 2016: « Contribution à la formulation d'un biscuit à base de caroube et lactosérum ».P36.

**SOULIANC L ET REMY S . 2010 :** « Travaux sur les lipides et le goût ». P : 127.

**SUDHA M.L., VETRIMANI R., LEELAVATHI K. 2007.**..Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food chemistry*, 100:1365-1370.

**SANCHEZ H.D., MANLUELLO J.C., FARRE H.C. 1983.** Essai de panification pour le pain français. *Ind. des céréales*, 25: 25-33.

## T

**TAYLOR, A, AND R. LINFORTH. 1996.** Flavour release in the mouth. *Trends in Food Science and Technology* .7 (12):444–8p

**THARRAULT, J.F., 1997.** « Qualité biscuitière des farines de blé tendre: 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.

**TILMAN D., CASSMAN K.G., MATSON P.A., NAYLOR R., POLASKY S. 2002.** Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418(6898), 671-677.

The sustainability of quinoa production in southern Bolivia: from misrepresentations to questionable solutions. Comments on **JACOBSEN (2011, J. AGRON. CROP SCI. 197: 390–399).**

**TUNDE – AKINTUNDE, T.Y ; OKE, M.O AND AKINTUNDE , B.O. 2012 .** Sesame Seed , Oil seeds . Uduak G .A Ed , InTech.

## U

**U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. 2013.** USDA national nutrient database for standard reference, release 26. Nutrient Data Laboratory, Beltsville Human Nutrition Research Center, Agriculture Research Service, United States Department of Agriculture. Retrieved from Nutrient Data Laboratory Home Page

## V

**VANDEWYNCKEL.C. 2015.** Le quinoa : Dossier spécial dans le magazine Itinéraires BIO (Bimestriel) Namur. Belgique. P 07. Ed; Philippe Grogna.

## Z

**ZHOU, W., 2014.** « Bakery Products Science and Technology. 2ème edition. Wiley Blackwell, 776 p.

**ZIMMET P.Z., MAGLIANO D.J., HERMAN W.H., SHAW J.E. 2014.** Diabetes: a 21st century challenge. Lancet Diabetes Endocrinol., 2(1), 56-64.

**ZUCCO, F., BORSUK, Y. ET ARNTFIELD, S.D. 2011.** Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. LWT - Food Science and Technology, 44: 2070-2076.

### Les sites

<http://formule-verte.com/cosmetique>

Cosmétique Des saponines issues de son de quinoa

<http://www.passeportsante.net>

Passeport Santé, Chocolat et cacao.

<http://www.languedoc-mutualite.fr>

Les sels minéraux dans l'alimentation.

**WWW.giz.de Quinoa:**

From the Andes to the world

**WWW.afkar-sy.com**

Le quinoa: L'investissement dans l'avenir.

**WWW.le monde du quinoa.fr**

Saponine, qu'est-ce cette enveloppe autour des grains de quinoa ?

**Anonyme 2 : [www.Bioversity international.org](http://www.Bioversity international.org)**

Descripteurs pour le quinoa et ses espèces sauvages apparentée

**Anonyme 1 : [www.FAO.org/quinoa-2013](http://www.FAO.org/quinoa-2013)**

# **Annexe**

## Annexe I : Présentation de l'entreprise



La première usine a été créée en 1981 dans la zone industrielle de Baba-Ali au sud d'Alger baptisée la nouvelle biscuiterie moderne (BIMO par abréviation) grâce au travail acharné du manager la société connue un développement rapide de ses activités productives.

BIMO s'intéresse ensuite au chocolat et c'est pour cela qu'une unité de fabrication de chocolat et de végécaos a été créée en 1985 qui par la suite devient leader national en ces produits.

La société inaugure en 1997 la première unité de traitement et de transformation de fève de cacao en Algérie qui alimentera ses propres usines ainsi que les entreprises industrielles national. En 1999, BIMO a mis en production la première unité de gaufrettes à Baba Ali ou sont concentrées l'essentielle de ses activités.

Actuellement, BIMO industrie dépose de quatre unités de production, travaillant dans le secteur de l'industrie agroalimentaire. Constitués en société à responsabilités limitées (SARL)

Celles-ci sont :

SARL Biscuiterie moderne BIMO : Unité de biscuit à Baba Ali (wilaya d'Alger).

SARL Chocolaterie BIMO : Unité de chocolat à Baba Ali (wilaya d'Alger).

SARL Cacao BIMO : Unité de transformation de la fève de cacao à Baba Ali (wilaya d'Alger).

SARL Gaufrette-rie BIMO : Unité de gaufrette à Baba Ali (wilaya d'Alger).

BIMO industrie algérienne compte introduire de nouveaux produits sur le marché national et à l'export. D'autre part, à partir de 2011 le groupe s'est engagé dans une démarche d'amélioration de la qualité sous la référentiel ISO 9001, version 2008 pour satisfaire toujours plus sa clientèle, et ce pour l'ensemble de ses activités.

De ce fait, le groupe BIMO industrie est connu leader du marché de biscuiterie et de chocolaterie en Algérie avec :

30 ans d'expérience au service de la biscuiterie.

Plus de vingtaine de ligne de production.

Un réseau clientèle dépassant 2000 clients.

Des fonctions d'approvisionnement et de commercialisation à travers son propre réseau de distribution en Algérie et vers l'exportation

## Annexe II : Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des matières premières et produit fini



Analyse taux de cendre de matière première « Farine »



Analyse taux d'humidité des matières premières « Farine », « quinoa »



L'analyse de dosage des protéine , par la méthode kjeldhal, de produit fini « Biscuit »



L'analyse de dosage des lipides par la méthode de soxhlet de produit fini « Bis-cuit »



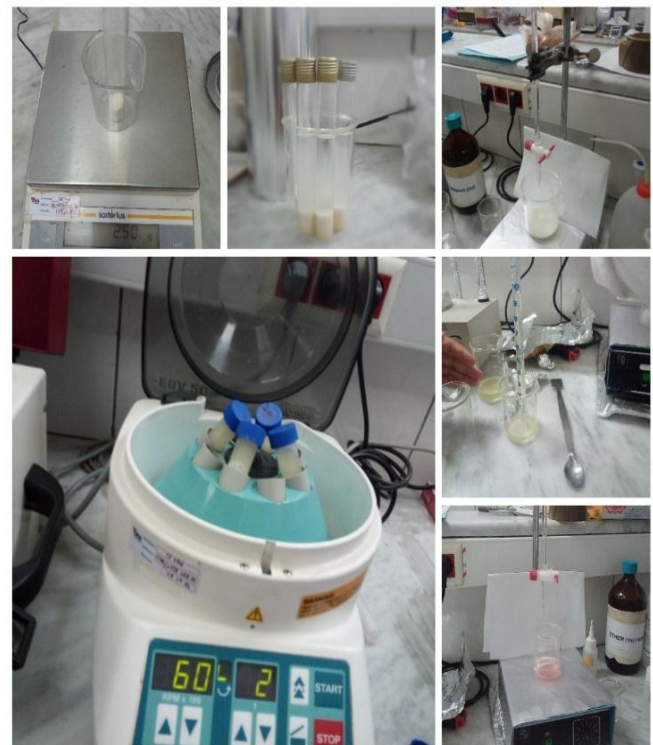
Analyse de gluten sec de la farine et quinoa



Analyse d'humidité de produit fini avec un dessiccateur allogène



L'analyse de ph pour la matières premières et produit fini « Frine », « Quinoa », « Biscuit ».



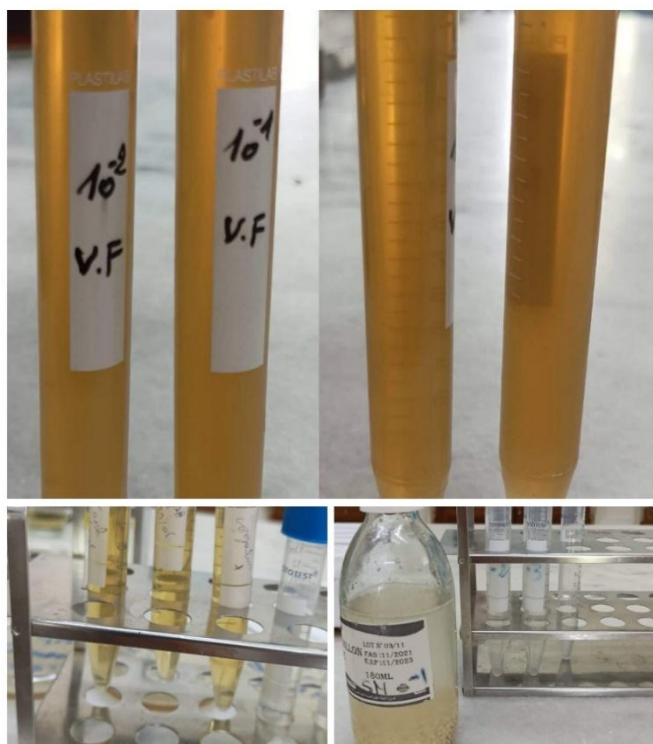
L'analyse d'acidité pour la matières premières « Farine », « Poudre de lait »



Analyse de dosage des fibres totales « produit fini »



## Annexe II : Les analyses microbiologiques



Les analyses microbiologiques du produit fini



Les analyses microbiologiques de matière première « quinoa »

## Annexe III : Fiche de dégustation

Dr. Aissaoui –M2-ANALYSE SENSORIELLE




### Fiche de dégustation

**Produit : Biscuit enrichi en Quinoa**

**Nom :**

**Age:**

**Sexe:**

1, Analyse visuelle 	Couleur
	Explication
	Aspect
	Homogénéité
2, Analyse olfactive 	Odeur/ Senteur
	Explication
	Arome
	Explication
	Flaveur
3, Analyse gustative 	Gout
	Texture
	Fermeté
	Consistance
	Sucré
	Arrière-gout du quinoa
	Explication
Note générale	

**N.B.** L'échelle d'appréciation est de 1 à 5 (1: très mauvais, 2: mauvais, 3: moyen, 4: Bon, 5: Très bon).

## Annexe IV : Bulletin d'analyse de la farine « La belle »



GMD - LABELLE  
SERVICE CONTROLE DE QUALITE

### BULLETIN D'ANALYSE FARINE PANIFIABLE

Date de fabrication : 01/03/2022

Date d'analyse : 01/03/2022

#### Paramètres physico-chimique :

Caracteristiques Physico-chimique	NORME	50 kg
Taux d'humidité	≤15,5	14.82
Taux de protéines	9-12%	11.40
Taux de cendres	0,45-0,6%	0.50
Taux de gluten humide	24-30%	25.80
Couleur L (blanche)	83,9-92,8%	91.20
Amidon endommagé	/	15.60
La force boulangère (w)	180-250	227
Absorption d'eau	62-65	56.00
Indice de zélény	22-30	31.00
Taux d'affleurement	100%	99.11
Refus	<01%	0.68

DAHMANI Hanane  
Responsable Qualité  
SPA Grand Moulins Dahmani  
RESPONSABLE DE LABORATOIRE

# Annexe IV : Bulletin d'analyses microbiologiques de produit fini

LABORATOIRE MICROBIOLOGIQUE

## BULLETIN D'ANALYSE

Produit : Cookies enrichissé par QUINOUA  
 Prélèvement : 15/05/2022  
 Sarl : Biscuiterie BIMO

Point de prélèvement : produit fini  
 Analyse le : 15/05/2022

### RESULTATS

Micro-organisme/ métabolites	1 <sup>er</sup> échant	2 <sup>ème</sup> échant	3 <sup>ème</sup> échant	4 <sup>ème</sup> échant	5 <sup>ème</sup> échant	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g ou ufc/ml)		Méthodes appliquées	Références Réglementaires
						n	c	m	M		
Germe totaux à 30°C	3.6.10 <sup>2</sup>	3.2.10 <sup>2</sup>	3.3.10 <sup>2</sup>	3.5.10 <sup>2</sup>	3.7.10 <sup>2</sup>	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	NA 1207 (2014)	Journal officiel N°39 de 2 juillet 2017 : Arrêté interministériel du 2 moharrem 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires - Art 3 et Art 6 JORA N° 44 (2017))
Escherichia coli	00	00	00	00	00	5	2	3	30	Iso 7251 (2005)	
Moississures	00	00	00	00	00	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	JORA N° 52 (2015)	
Staphylocoque à coagulase+	00	00	00	00	00	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	JORA N° 68 (2014)	
Salmonella	00	00	00	00	00	5	0	Absence/25g		JORA N° 44 (2017))	

**CONCLUSION :** Le produit analysé et de qualité microbiologique satisfaisante (conforme aux normes de la réglementation Algérienne).

OBS :  
 Visa du contrôleur :

Visa du Resp LABO :

# Annexe IV : Bulletin d'analyses microbiologiques de quinoa

Etablissement Public de Sante de Proximite d'Ouled Yaich

Laboratoire d'Hygiène de référence de la wilaya de Blida Tel Fax : 00.213.25.30.96.96

ZIV Opc

PRODUIT : Quinoa Date de réception : ISRA / Chaïma / 11/05/2011

**1/ RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES MICRO - ORGANISME A 30°C**

Inoculum (1 ml)	24 h	48h	72h	Calcul de la valeur N = UFC /gr ou ml
10 <sup>-1</sup>				
10 <sup>-2</sup>				
10 <sup>-3</sup>				
10 <sup>-4</sup>				

**7/RECHERCHE ET DENOMBREMENT STREPTOCOCCUS**

Inoculum (1 ml)	24 h	48h	Calcul de la valeur N = UFC/gr ou ml
10 <sup>-1</sup>			
10 <sup>-2</sup>			
10 <sup>-3</sup>			

**2/ RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES COLIFORMES A 37° ET COLIFORMES THERMO TOLERANTS A 44° C**

X e. coli

Inoculum (1 ml)	V.R.B.L 37° C		Calcul de la valeur N	Inoculum (1 ml)	V.R.B.L 44° C / 24 H	Calcul de la valeur N		
	24 H	48 H				b uree-/ind+	ΣC	A
10 <sup>-1</sup>			N = UFC/gr ou ml	10 <sup>-1</sup>				N = UFC/gr ou ml
10 <sup>-2</sup>				10 <sup>-2</sup>				
10 <sup>-3</sup>				10 <sup>-3</sup>				
10 <sup>-4</sup>				10 <sup>-4</sup>				

**3/ RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES LEVURES ET MOISSISURES**

X OGA : jaune dans l'étuve pendant 07 jours T = 28°c

Inoculum (1 ml)	24h	48h	72h	96h	120h	Calcul de la valeur N N = UFC /gr ou ml	
10 <sup>-1</sup>					X		
10 <sup>-2</sup>					X		
10 <sup>-3</sup>					X		

**4/ RECHERCHE DES CLOSTRIDIUM SULFITO REDUCTEUR**

X V.F viande fode.

Inoculum (1 ml)	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	Calcul de la valeur N N = UFC/gr ou ml
24 H			
48 H			

1 ml dans les tubes, (préts)

**5/ RECHERCHE DES SALMONELLA**

Inoculum (1 ml)	RVI		API 20 E
24 H			
48 H	RVII	XLDI	
72 H	RVIII	XLDII	
96 H	XLD III		

**6/ RECHERCHE DES STAPHYLOCOCCUS**

coagulés + X (inoculté Contomi)