

République Algérienne Démocratique et Populaire
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences et de la Nature de la Vie
Département des Sciences Biologiques



Mémoire de Master Académique
Domain : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité alimentaire

THEME

ETUDE DE L'EFFET DE L'ADDITION DE LA FARINE DE QUINOA SUR LA QUALITE DE YAOURT BOISSON

Présenté par : CHENNOUF Zineb
Soutenu publiquement :
Le 26/06/2024

Devant le jury :

Mme. BOUDJNAH S.	Professeur	Présidente	UKM Ouargla
Mme. CHETHOUNA F.	M.C.A	Examinatrice	UKM Ouargla
Mr. MOSBAH S.	M.C.A	Promoteur	UKM Ouargla
Mme. DJERROUDI O.	M.C.A	Co-Promoteur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2023/2024



Remerciements

Par-dessus tout, je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné la force, la patience et la détermination pour mener à bien ce travail.

Tout d'abord, je voudrais remercier mon promoteur **Mr. MOSBAH Saïd**, MCA à l'université Kasdi Merbah – Ouargla, pour avoir accepté de mon encadrer et mon donner la chance de travailler sur ce thème et de mettre en œuvre ;

Je remercie mon Co-promoteur **Mme. DJERROUDI Ouiza**, d'avoir mon Co-promoteur ;

J'adresse également mes remerciements aux membres du jury :

Mme. BOUDJNAH S, présidente du jury qui nous a fait l'honneur d'évaluer ce travail ;

Mme. CHETHOUNA, d'avoir accepté à examiner ce travail ;

J'adresse, en mon nom, des expressions de gratitude et d'appréciation à tous les membres de l'unité lacto-sud Ouargla, dirigée par le chef de production, "**Mohamed Amin limam**", ainsi qu'à tous les membres du laboratoire de plateau technique en analyses physico-chimique-Ouargla (PTAPC/CRAPC) et surtout **Mohammed Delouche**. Un merci tout particulier à **M. Salime Azib** pour les précieux conseils et l'assistance qu'il m'a apportée. Et à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, même si ce n'est qu'une lettre.



DEDICACES

Louanges à Allah qui nous a aidés par la connaissance, embelli par les rêves, honorés par la piété, et embellis par la santé. À Toi la louange, ô mon Seigneur, et peu importe combien nous Te louons, nous ne pourrons jamais Te rendre pleinement grâce. Que la paix et les bénédictions soient sur celui qui n'a pas de prophète après lui ;

À cette lettre infinie d'amour, de tendresse et de compassion, à celle dont la tendresse m'a nourri, dont la chaleur m'a protégé, dont la lumière m'a guidé et dont la vision m'a inspiré, et à laquelle je me suis attaché, je dédie ce succès à **ma chère mère bien-aimée** ;

À mon bouclier sous lequel je me suis abrité, et dans la vie, j'ai suivi son exemple, à celui que Dieu a orné de don et de dignité, qui m'a enseigné à donner sans attendre et dont je porte le nom avec fierté, à celui qui a ouvert pour moi le chemin de la connaissance et de l'apprentissage, et dont les bougies ont brûlé pour éclairer notre chemin vers le succès, la fondation de ma vie et le foyer de mes espoirs, de ma fierté et de ma dignité, que Dieu prolonge sa vie, **mon père bien-aimé** ;

À celui dont je vois l'optimisme dans ses yeux et le bonheur dans son sourire, mon cher soutien, mon frère **Souhaib** ;

À ceux que mon cœur mentionne avant que le stylo n'écrive, à ceux avec qui j'ai partagé les joies et les peines de la vie, et dont la compagnie est mon unique plaisir, mes sœurs **Soumaia, Sara, Hadjer, Bouthaina** et à ma joie et à mon bonheur secret, **Layth**.

À ma deuxième famille, qui m'a toujours soutenu, ma chère grand-mère **Masouda , Ibrahim**, qui à chaque fois m'a motivé et m'a encouragé à aller de l'avant, et aux qui m'ont accompagné tout au long de épais et mince, mes chères **Najat et Fatiha, et Mohammed laid, Oussama, , Izzal-Din**, et à eux qui , le cœur se souvient d'eux avant la langue, ma joie pendant ma tristesse, et mes soutiens à chaque fois, **Fatima et Zineb**, et aux sœurs les plus chères et amies attentionnées, qui j'ai partagé les plus beaux moments, **Maryam, Hana et Khadija**, je leur offre tous les mots de remerciement, d'appréciation et de gratitude qui ne peuvent être suffisants.

Zineb

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

Introduction..... 1

Partie 1 : Etude bibliographique

CHAPITRE I : Le Quinoa

I.1. Définition le quinoa	4
I.2. catégories (écotypes) de quinoa	5
I.3. Composition chimique des grains de quinoa	6
I.3.1. Macronutriment	6
I.3.1.1. Protéines	6
I.3.1.2. Glucides	6
I.3.1.3. Lipides	6
I.3.2. Micronutriment	7
I.3.2.1. Minéraux	7
I.3.2.2. Vitamines	7
I.3.2.3. Fibres alimentaires	7
I.3.3. Substances antinutritionnels	7
I.3.3.1. Saponine	7
I.4. Valeur nutritionnelle de quinoa	8
I.5. Expansion mondiale de quinoa	9
I.6. Utilisation de quinoa	10
I.6.1. Utilisation humain	10
I.6.2. Utilisation animale	11
I.6.3. Utilisation en industrie alimentaire	11
I.6.4. Utilisations médicinales	11

CHAPITRE II : Le yaourt

II.1. Définition le yaourt	13
II.2. Différents types du yaourt	13
II.3. Processus de Fermentation lactique de yaourt	15
II.3.1. Bactéries caractéristiques le processus de la fermentation lactique de yaourt	15
II.3.1.1. <i>Streptococcus thermophiles</i>	16
II.3.1.2. <i>Lactobacillus Bulgaricus</i>	16
II.3.2. Interaction entre les deux bactéries caractéristiques de yaourt	17
II.4. Facteurs influençant sur le métabolisme des bactéries lactiques de yaourt	18
II.4.1. Facteur physiques	18
II.4.2 Facteur chimiques	19
II.4.3. Facteur microbiologiques	20
II.5. Technologie de fabrication du yaourt	21
II.5.1. Réception du lait	22
II.5.2. Standardisation	22
II.5.3. Homogénéisation	22
II.5.4. Traitement thermique	22
II.5.5. Incubation / fermentation	23
II.5.6. Brassage / Lissage	23
II.5.7. Ajout des additifs	23
II.5.8. Refroidissement /Conditionnement	23
II.6. Défauts et altérations du yaourt	23
II.7. Intérêts nutritionnels et thérapeutique du yaourt	25

Partie 2 : Etude Expérimentale

CHAPITRE III : Matériel et Méthodes

III.1. Lieu de l'étude expérimentale	28
III.2. Objectifs de l'étude	28
III.3. Matériels biologiques	28
III.3.1. Grains de quinoa	28
III.3.2. Lait en poudre	29
III.3.3. L'eau utilisée	29

III.4. Méthodes	29
III.4.1. Préparation la farine de quinoa	29
III.4.2. Préparation de yaourt boire	30
III.5. Analyses microbiologiques de yourte	33
III.5.1. Milieux de culture utilisés.....	33
III.5.2. Préparation la solution mère et des dilutions décimales.....	34
III.5.3. Recherche et dénombrement des germes	34
III.5.3.1. Recherche et dénombrement des <i>Entérobactériacea</i>	34
III.5.3.2. Recherche et dénombrement <i>staphylococcus aureus</i>	35
III.5.3.3. Recherche et dénombrement des <i>anaérobies sulfito-réducteurs</i>	35
III.5.3.4. Recherche et dénombrement <i>des salmonelles</i>	35
III.5.3.5. Lecture et l'interprétation.....	36
III.6. Analyses physicochimique de quinoa	38
III.6.1. Détermination le pH.....	38
III.6.2. Détermination la teneur en eau	39
III.6.3. Détermination du taux de cendres.....	40
III.6.4. Dosage des lipides par méthode soxhelet.....	40
III.6.5. Dosage des protéines par la méthode Kjaldahl	41
III.6.6. Dosage des protéines par la méthode Kjaldah	43
III.7. Analyses physicochimique de yaourt	45
III.7.1. Détermination le PH.....	45
III.7.2. Détermination l'acidité titrable	45
III.7.3. Détermination de l'extrait sec total (EST).....	46
III.7.4. Détermination la teneur en matière grasse (MG).....	47
III.7.5. Détermination la teneur en protéine par la méthode Bradford.....	49
III.8. Analyses sensorielles	50
III.8.1. Protocole d'échantillonnage.....	50
III.8.2. Recommandation et condition de jury d'analyse sensorielle.....	51
III.9. Analyses statistique	51

CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

IV .1.Résultats d'analyses microbiologiques de yaourt.....	53
--	-----------

IV .2.Résultats d'analyses physicochimiques de quino.....	54
IV.3. Résultats d'analyses physicochimiques de yaourt	55
IV.4. Résultats d'analyses sensorielles.....	57
IV.4.1. Couleur	57
IV.4.2. Odeur	58
IV.4.3. Gout	59
IV.4.4. Texture	60
IV.4.5. Arrière –gout	60
IV.4.6. La préférence	61
IV.4.7. L'acceptabilité.....	62
IV.4.8. La satisfaction.....	63
Conclusion	65
Références bibliographiques	67
Annexe	
-Résumé- Abstractملخص	

Liste des figures

Figure I.1 : Diversités Plantes de quinoa.....	4
Figure I.2 : Échange mondial de matériel génétique, développement variétal et culture du quinoa de 1978 à 2017.....	10
Figure II.3 : Bactéries caractéristiques de yaourt [A : <i>St. Thermophilus</i> , B ; <i>L. Bulgaricus</i>]	17
Figure II.4 : schéma des interactions métaboliques de <i>S.thermophilus</i> et <i>Lb.delbruekii ssp.bulgaricus</i> en culture mixte dans le lait.....	17
Figure II. 5 : Diagramme de fabrication de yaourt.....	21
Figure III.6 : Grains de quinoa (Q102) avant subis de traitement.....	28
Figure III.7 : méthodologie d'obtention la farine de quinoa (avec photos originale)	30
Figure III.8 : Les étapes de fabrication yaourt boire (avec photos originale).....	31
Figure III.9 : détermination le pH de quinoa par pH mètre.....	39
Figure III.10 : détermination le taux de cendre par four à moufle.....	41
Figure III.11 : dosage de lipide de quinoa par l'appareille soxhlet.....	43
Figure III.12 : dosage de protéine par la méthode kjaldhel.....	44
Figure III.13 : détermination le ph de yaourt par pH mètre.....	45
Figure III.14 : mesure l'acidité titrable de yaourt.....	46
Figure III.15 : détermination(EST) de yaourt par dessiccateur infra-rouge.....	47
Figure III.16 : mesure la teneur de MG de yaourt par acidobutyrométrie Gerber.....	48
Figure III.17 : dosage de protéine de yaourt par méthode Bradford.....	50
Figure IV.18 : Evaluation de la couleur des échantillons de yaourt (%).....	58
Figure IV.19 : Intensité de l'odeur de quinoa dans les échantillons de yaourt (%).....	58
Figure IV.20 : Evaluation le gout des échantillons de yaourt (%).....	59
Figure IV.21 : Evaluation le texture des échantillons de yaourt (%).....	60
Figure IV.22 : l'intensité d'arrière-gout des différents échantillons de yaourt (%).....	61
Figure IV.23 : Evaluation la préférence des différents échantillons de yaourt (%).....	62
Figure IV.24 : Evaluation l'acceptabilité des différents échantillons de yaourt (%).....	63
Figure IV.25 : Intensité de satisfaction des différents échantillons de yaourt (%).....	64

Liste des Tableaux

Tableau I.1. générale catégories de quinoa.....	5
Tableau I.2. les valeurs nutritionnelles du quinoa par apport les autres céréales (pour g100 de pois sec).....	8
Tableau II.3. Différents types du yaourt et leurs caractéristiques	14
Tableau II.4. principaux défauts de goût, d'apparence et de texture observée dans le yaourt ainsi que leurs causes possibles	24
Tableau III.5. Les caractéristiques de poudre de lait utilisée	29
Tableau IV.6. représente l'ensemble des résultats des analyses microbiologiques de yaourt fabriqué	53
Tableau IV.7. valeurs d'analyses physicochimiques de quinoa.....	54
Tableau IV.8. Résultats d'analyses physicochimies de yaourt fabriqué	56

Liste des abréviations

- AT** : acidité titrable
- AW** : activité de l'eau
- AOAC** : association of official analytical chemists
- BL** : bactérie lactique
- BSA** : sérum albumine bovin
- C°** : degré Celsius
- CO₂** : dioxyde de carbone
- CMSF** : classification of microbiological sample findings
- CA** : codex alimentarius
- D°** : degré doronic
- DJR** : dose journalière recommandée
- EST** : extrait sec totale
- FAO** : Food and agriculture organisation
- JORA** : journal officiel
- ISO** : international organisation for standardisation
- Lc** : *lactococcus*
- L** : *lactobacillus*
- MG** : matière grasse
- MS** : matière sèche
- N** : azote total
- NK** : naturel killer
- O₂** : oxygène
- pH** : potentiel d'hydrogène
- P** : teneur en protéine
- St** : streptococcus
- TC** : teneur en cendre
- W** : teneur en eau

INTRODUCTION



Introduction

L'industrie laitière est considérée comme l'une des plus anciennes industries alimentaires ayant contribué à répondre aux besoins nutritionnels humains depuis l'Antiquité. Parmi les différents produits laitiers, le yaourt est l'un des produits les plus populaires et consommés au monde grâce à sa haute valeur nutritionnelle et son goût délicieux (**Jeantet et al., 2008**).

Le yaourt est le produit laitier coagulé, obtenu par fermentation lactique grâce au développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, à partir de lait et de produits laitiers (**JORA N°86 1998**). D'autres ingrédients peuvent être ajoutés au yaourt, comme des fruits secs, des céréales, etc. C'est un produit qui est consommé la plupart du temps comme dessert et est largement consommé car il convient à toutes les tranches d'âge et même aux personnes religieuses qui souffrent d'intolérance au lactose (**Kourdache et Ouchiha, 2017**). Le yaourt occupe une place primordiale dans l'alimentation humaine par sa grande diversité en terme de nature, présentation, goût et usage, ainsi que sa qualité nutritionnelle et diététique étant riche en protéine calcium potassium et phosphore et vitamine B2 et B12. (**Fisberg et Machado, 2015 ; Sahnoune et al., 2022**).

En effet, la santé humaine est aujourd'hui devenue au centre de toutes les préoccupations, notamment l'augmentation de la prévalence des troubles métaboliques comme l'obésité, le diabète, les maladies cardiovasculaires, l'ostéoporose etc. De plus, le consommateur est devenu plus conscient et plus exigeant envers les produits alimentaires sains (**Bradi et Bellaka, 2023**).

Ces dernières années, de nouvelles tendances sont apparues dans l'industrie alimentaire, axées sur l'amélioration de la valeur nutritionnelle et des propriétés sensorielles des produits alimentaires en introduisant des ingrédients sains. Parmi ces ingrédients qui ont fait l'objet d'une grande attention figurent les grains de quinoa.

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est une plante herbacée annuelle de la famille des *Amaranthaceae*. Sont des pseudo-céréales originaire de la région andine de l'Amérique du Sud, elle a été domestiquée par les peuples autochtones il y a plusieurs milliers d'années, et s'est progressivement adaptée à la pauvreté des sols et aux conditions écologiques extrêmes. (**Jancurová et al., 2009 Ledra, 2020**).

Cette plante a des concentrations élevées de protéines, et considérée un aliment végétal contient tous les acides aminés essentiels comparé aux autres céréales telles que le maïs, le riz et le blé, aussi il contient les acides gras insaturés et vitamines, minéraux et autres composés

bénéfiques, et sans gluten par nature, donc peut être consommé par les personnes allergiques à cette protéine, constitue aussi une bonne source de potassium et de manganèse et de l'acide folique qui permet de lutter contre l'anémie ; en plus de fibres alimentaires, composés phénoliques et activité antioxydant (**Laaboudi et al., 2019 ; Adjel et Cherr, 2020**).

En plus des bienfaits pour la santé humaine apportés par la consommation de la graine, certains composés bioactifs ont montré des propriétés pharmacologiques intéressantes, laissant entrevoir de possibles applications dans le domaine pharmaceutique. Donc il peut être utilisé dans plusieurs domaines, pour l'alimentation humaine et animale, pour des fins médicinales et aussi en industrie alimentaire et autres utilisations industrielles (**Laaboudi et al., 2019 ; Ledra, 2020**).

Ce travail rentre dans le cadre d'exploiter les propriétés nutritionnelles du quinoa pour enrichir le yaourt à boire et augmenter sa valeur nutritionnelle, en plus d'étudier l'effet de l'ajout de farine de quinoa séché à four sur l'ensemble des propriétés sensorielles, microbiologiques et physicochimiques du yaourt.

Ce travail est divisé en trois parties fondamentales : la première partie bibliographique comprend des généralités sur le quinoa et le yaourt, et la deuxième partie expérimentale qui représente les matériels et méthodes d'analyse ainsi que la méthode de préparation des produits utilisés et de détermination des caractéristiques microbiologiques, physiques et sensorielles.

La troisième et dernière partie consiste à interpréter et discuter les résultats obtenus à partir des analyses.

C

HAPITRE

I

LE QUINOA

I.1. Définition

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est une pseudo-céréale originaire de la région andine Amérique du Sud et possède en variabilité génétique, qui fournit la résistance nécessaire pour Croissance dans divers endroits et conditions climatiques (Nickel et al., 2016).

Botaniquement, les quinoas appartiennent à la famille des chénopodiacées, présente dans le monde entier. Et les principales plantes de cette famille sont les plantes adventices (Abou-amer et al., 2011).

Le quinoa est une plante herbacée, halophyte dicotylédone (Demir et al., 2017).

La culture de la plante remonte à au moins 5000 années, étant la nourriture principale de tout l'Inca Empire. Actuellement, le quinoa est en expansion processus, car il représente un grand potentiel pour la sécurité alimentaire mondiale. Quinoa appartient au genre *Chenopodium*, et est largement distribuée dans le monde, avec environ 250 espèces (Razzeto et al., 2019).

Au niveau mondial, il existe plus de 6000 variétés de quinoa cultivées par les agriculteurs. Ces variétés peuvent être classés en cinq catégories principales ou écotypes, selon à leur adaptation aux conditions agro-écologiques spécifiques principales zones de production (Bazile et al., 2016).



Figure I.1 : Diversités Plantes de quinoa (Hussain et al.,2021, et Bazile et al., 2015).

I.2. Catégories (écotypes) de quinoa

La classification du quinoa a été faite pour la première fois à partir de la couleur de la plante et des fruits. Par la suite, elle était basée sur les types morphologiques de la plante. Le quinoa pousse à des altitudes allant du niveau de la mer à les hauts plateaux andins. Ainsi, l'un des plus utiles classifications est celle décrivant cinq écotypes. Le tableau suivante résumé la général catégories de quinoa.

Tableau I.1 : Catégories de quinoa (Jancurová *et al*, 2009).

Ecotypes	Emplacement	Altitude de croissance (m)	Variété	Caractéristiques
Niveau de la mer	Sud de chili	500	Variétés chiliennes	Plantes ramifiées, de jours longs, graines jaunes et amères
Vallée	Vallée andine	2000-4000	Balancera de Junín, Rosada de juni, Amarilla de Matangani, Dulce de Quitopamba, Dulce de Lazo	Grandes plantes, ramifiées, période de croissance courte
Subtropicales	Zone subtropicales de Bolivie (yunga)	2500-3000		Plantes de couleur vert intense qui vire à l'orange en murissant, petites graines, blanches ou orange
Salares	Salares boliviennes	3700-3800	Réal	Plantes adaptées aux sols salés et alcalins, graines amères, teneur élevée en saponine
Altiplano	Zone autour du lac Titicaca	3500-4000	Chewecea, Kancolla, Blanca de Juli	Plantes courtes à tiges droites, période de croissance courte, résistantes au gel

I.3. Compositions chimiques des grains de quinoa

I.3.1. Macronutriment

I.3.1.1. Protéines : La graine de quinoa est une source importante de protéines alimentaires. Les protéines présentes dans les grains de quinoa comprennent les albumines (35 %) et globulines (37%) et un pourcentage plus faible de prolamines. Dans le quinoa, la majeure partie des protéines se trouve dans embryon (**Jancurová et al., 2009**).

La qualité des protéines présentes dans le quinoa est comparable à celle des protéines du lait (caséine). Les protéines de quinoa constituent tous les acides aminés essentiels des acides tels que le tryptophane, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, thréonine, tryptophane, tyrosine et valine ; c'est pourquoi, ceci est considéré comme une nourriture complète (**Hussain et al., 2021**).

La quantité et la qualité des protéines du quinoa ont une haute valeur nutritionnelle dans les cellules des grains, toutes contiennent un régime sans gluten et une haute digestibilité car elle en contient très peu ou pas de prolamine. Le quinoa a une teneur totale en protéines plus élevée (12,9% à 16,5%). (**Sharma et al., 2015**).

I.3.1.2. Glucides : Les glucides constituent la majeure partie de la matière sèche des graines de quinoa ; Il comprend de l'amidon et des fibres alimentaires comme composants majeurs. La teneur en glucides des graines de quinoa varie de 67 % à 74 % de la matière sèche ; l'amidon en représente environ 55 à 65 %. Dans les graines de quinoa, le composé d'amidon se trouve principalement dans le péricarpe sous forme d'unités simples ou d'agrégats sphériques ayant une très petite taille de grain, inférieure à 3 μm (**Hussain et al., 2021**).

I.3.1.3. Lipides : Le quinoa était considéré comme une alternative aux graines oléagineuses en raison de sa composition lipidique. La teneur en matières grasses du quinoa est assez élevée (5 à 10 %) par rapport à celle des céréales courantes et est principalement localisée dans l'embryon (**Hussain et al., 2021**). Comme pour le soja et la plupart des céréales, l'acide linoléique est l'acide gras prédominant, de même le quinoa est riche source d'acides gras essentiels comme le linoléique et le linoléique (**Jancurová et al., 2009**). L'huile de quinoa possède une activité antioxydante élevée, une teneur élevée en acides gras polyinsaturés (63 % du total) et une quantité importante de tocophérols (2,5 mg/g d'huile). Aussi les graines de quinoa sont également la principale source de différents acides gras essentiels, notamment les acides gras oméga-6 et oméga-3 (**Hussain et al., 2021**).

I.3.2. Micronutriments

I.3.2.1. Minéraux :

Les couches externes du péricarpe possèdent plusieurs minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium et le phosphore. Sur la base de la dose journalière recommandée (AJR), le quinoa est une bonne source de magnésium, de phosphore et de fer (**Hussain et al., 2021**). Il contient Plus de fer et de zinc que les céréales ordinaires, et la teneur en fer est particulièrement élevée. Polissage et lavage du quinoa les graines réduisent dans une certaine mesure la teneur en minéraux, 12 à 15 % de la concentration de fer, de zinc et potassium, et provoquent 27% de perte de cuivre et 3% perte de magnésium. (**Jancurová et al., 2009 ; Villacrés et al., 2022**).

I.3.2.2. Vitamines :

Le quinoa est une bonne source de thiamine (0,4 mg/100 g), d'acide folique (78,1 mg/100 g) et de vitamine C (16,4 mg/100 g). Les graines contiennent deux fois plus de γ -tocophérol (5,3 mg/100 g). g) que l' α -tocophérol (2,6 mg/100 g) (**Jancurová et al., 2009 ; Sharma et al., 2015**) Les besoins alimentaires d'un adulte peuvent être satisfaits grâce à la consommation de 100 g de quinoa, qui peuvent fournir les niveaux requis de pyridoxine et d'acide folique (**Hussain et al., 2021**).

I.3.2.3. Fibres alimentaires :

Le quinoa est généralement considéré comme une source importante de fibres et les grains de quinoa contiennent 10 et 14 % du total des fibres alimentaires présentes dans l'embryon. Il contient 80 % de fibres insolubles et 20 % de fibres solubles (**Benhammouda et Kadour, 2023**).

Les processus de lavage et d'abrasion du quinoa pour éliminer les saponines n'influencent pas de manière significative la teneur en fibres, et la teneur en fibres alimentaires du quinoa est égale à celle des céréales et les graines de légumineuses (**Hussain et al., 2021**).

3.3. Substances antinutritionnels :

I.3.3.1. Saponine :

Le terme saponine vient du mot latin *sapo*, qui signifie « savon », reflétant la volonté de former des mousses stables semblables à du savon dans des solutions aqueuses. ils sont généralement considérés comme faisant partie du système de défense des plantes contre les agents pathogènes et les herbivores, notamment en raison de leur saveur amère (**Bazile et al., 2015**). Plusieurs cultivars de quinoa contiennent des saponines, fréquemment associées aux

lipides. Les saponines du quinoa sont concentrées dans les couches externes du pseudo-grain (Solíz-guerrero *et al.*, 2002), il est en quantité comprise entre 0,1% et 5%, considérés comme un facteur antinutritionnel, qui doit être éliminé avant la consommation de gerain (El Hazzam *et al.*, 2020).

La quantité de saponines présentes dans les grains de quinoa dépend de son cultivar et peut être classée en « sucrée » (<0,11% de saponines) ou « amer » (>0,11% de saponines) avec une valeur comprise entre ces deux plages est « intermédiaire » (Hussain *et al.*, 2021).

I.4. Valeur nutritionnelle de quinoa

Les céréales jouent un rôle important dans l'alimentation humaine, Blé, maïs, riz, Haricots, sont les plus consommés important dans le monde entier. Comparés ces dernières avec les composants nutritionnels au quinoa, on peut observer est riche en nutriments, avec des valeurs plus élevées en protéines, lipides et minéraux (Maradini-filho, 2017), le tableau suivant représenter les valeurs nutritionnelles de quinoa par rapport aux autres céréales.

Tableau I.2 : les valeurs nutritionnelles du quinoa par rapport aux autres céréales (pour 100 g de pois sec) (Maradini-filho, 2017).

Les valeurs nutritionnelles	Quinoa	Blé	Mais	Riz
Protéine (g/100g)	16.3	14.8	10.5	8.8
Lipide (g/100g)	7.0	2.8	5.3	3.2
Glucides (g/100g)	74.0	80.6	82.9	86.3
Energie (Kcal/100g)	424.2	406.8	421.3	409.2

La valeur nutritionnelle d'un aliment est déterminée principalement par la qualité de sa protéine, qui dépend de la composition, de la proportion et l'utilisation biologique des acides aminés présente (Maradini-filho, 2017), Le quinoa contient davantage de protéines que la plupart des céréales et il se distingue surtout par la qualité de ses protéines (voire 3.1.1) considérés comme essentiels pour les enfants comme pour les adultes.

Aussi le quinoa apporte autant d'énergie que les aliments utilisés de façon similaire, comme les haricots, le riz, le maïs ou le blé. Il est en outre une source importante d'acide gras et de glucides comme il est montré dans le tableau (2). En 1996, le quinoa a été catalogué par la FAO comme l'un des cultures les plus prometteuses pour l'humanité, non seulement pour ses grandes propriétés et ses multiples utilisations, et cela est également considéré comme une option pour résoudre les problèmes de nutrition humaine (Nisar *et al.*, 2017).

I.5. Expansion mondiale de quinoa

Le quinoa a été reconnu mondialement comme étant un « aliment pour les pauvres » et une culture importante pour l'avenir. Depuis que le quinoa a été reconnu par les Nations Unies pour son grand potentiel pour la santé et sa résilience aux stress abiotiques, l'expérimentation et l'expansion des cultures se poursuivent à travers le monde. En plus de la plantation, les pays prennent l'initiative de recourir à des programmes de sélection pour développer des variétés adaptées à leurs besoins spécifiques, en fonction des conditions et des préférences climatiques.

Parallèlement à un développement variable, certains pays se sont lancés dans l'idée nouvelle de partager et d'échanger du matériel génétique avec d'autres pays pour se lancer dans des expérimentations agricoles et des évaluations sur le terrain avec le soutien technique de la FAO. Ces partenariats de collaboration continuent de renforcer l'expansion de la production de quinoa. Actuellement, la culture du quinoa se poursuit de manière continue dans plus de 95 pays, dont le Tibet, le Maroc, la France, l'Inde, la Chine, le Royaume-Uni, la Suède, le Danemark, les Pays-Bas et l'Italie et la Guyane ayant récemment collaboré avec la FAO dans les évaluations sur le terrain. Par conséquent, il y a une augmentation des zones de récolte du quinoa et de la quantité de production après l'Année internationale du quinoa (2013). Le Pérou et la Bolivie sont restés les principaux producteurs mondiaux avec 78 657 et 66 792 tonnes en 2017, soit une augmentation de 66 et 94 % par rapport à 2013, respectivement.

(Jaikishun et al.,2019).

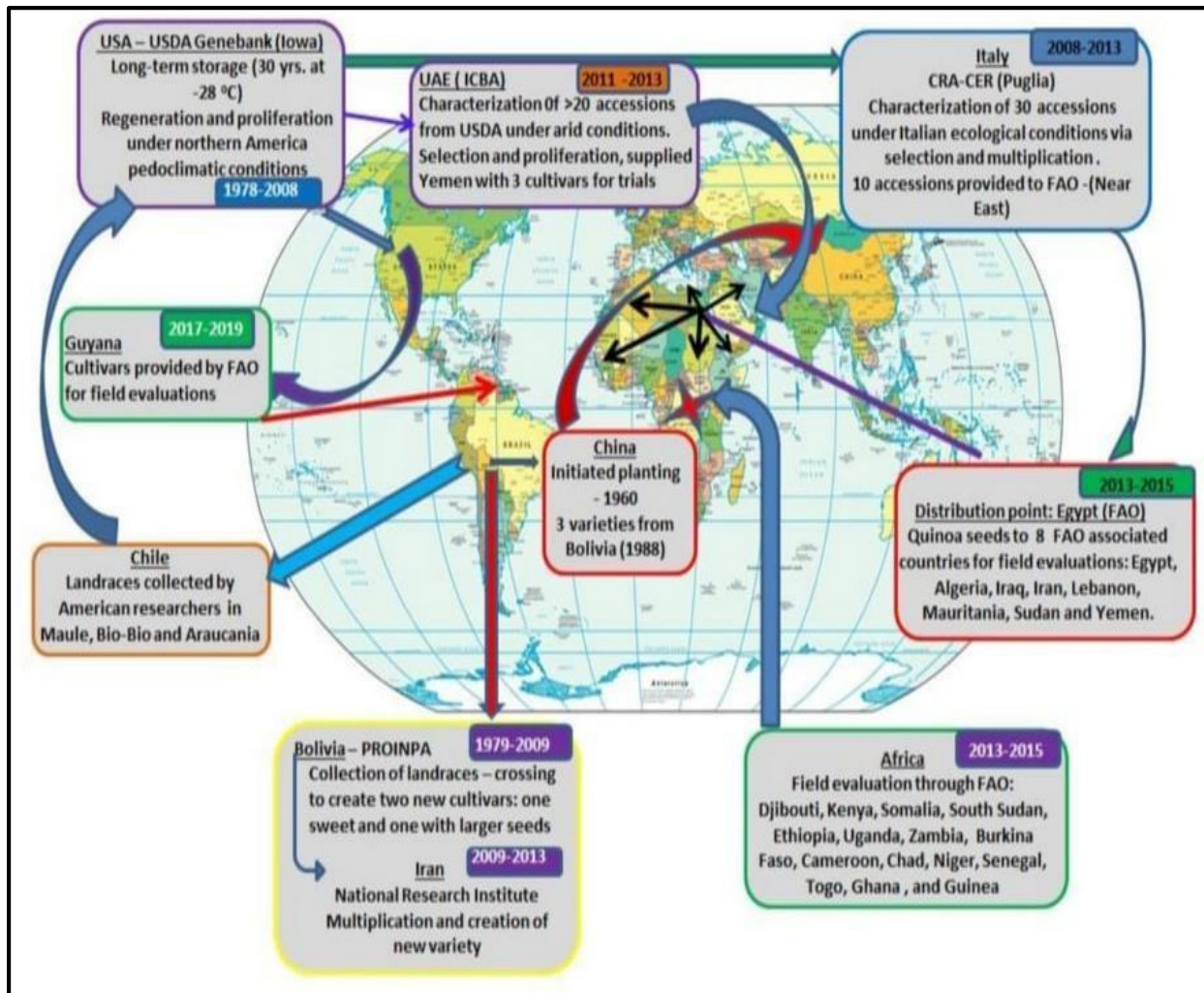


Figure I.2 : Échange mondial de matériel génétique, développement variétal et culture du quinoa de 1978 à 2017 (Jaikishun et al., 2019).

I.6. Utilisation de quinoa

Les principales utilisations de quinoa, peut résumer comme suite :

I.6.1. Utilisation humaine :

Les grains de quinoa sont utilisés comme aliments de base ou comme céréales alternatives riches en énergie et sans gluten, à haute teneur en protéines, en acides aminés essentiels précieux, en vitamines, en minéraux et en antioxydants naturels. On peut consommer les graines, les feuilles tendres jusqu'au début de la panicule (teneur en protéines peut atteindre 33% de la matière sèche) (Bazile et al., 2015 ;Chenine et Sahli, 2020).

I.6.2. Utilisation animale :

Le grain de quinoa, les parties végétatives, les résidus de culture et les sous-produits sont fournis une gamme d'aliments pour les animaux de la ferme :

Les feuilles fraîches, les paillettes peuvent être utilisées comme fourrage frais ou elles peuvent être ensilées ; Les tiges, les morceaux de feuilles, les épis, la panicule pleine, les fleurs et les pédicelles sont donnés aux ruminants et aux camélidés et aux porcs ; Les grains cassés jetés peuvent être donnés à toutes les classes d'animaux domestiques, y compris les cobayes et les poissons (**Chenine et Sahli, 2020**).

I.6.3. Utilisation en industrie alimentaire :

Les grains et la farine de quinoa peuvent servir à la préparation de la plupart des produits de l'industrie de la farine. Le quinoa peut être associé aux légumineuses telles que les fèves, les haricots rouges afin d'améliorer la qualité nutritionnelle (**Bradi et Bellaka, 2023**).

I.6.4. Utilisations médicinales :

Les feuilles, tiges et graines de quinoa servent à diverses applications médicinales grâce à leurs propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires. Il est utilisé par les personnes allergiques au gluten, car le quinoa est sans gluten (**Adjel et Cherr, 2020**).

C

HAPITRE

II

LE YAOURT

II.1. Définition

Un lait fermenté est défini comme un produit laitier constitué uniquement de matières premières d'origine laitière (lait et ses constituants), ayant été soumis à une pasteurisation et à une fermentation par des micro-organismes spécifiques. Il est permis d'ajouter certains ingrédients pour lui conférer une saveur spécifique, tels que le sucre, les arômes, les préparations de fruits ou les additifs, à condition que le poids total de ces ajouts n'excède pas 30 % du poids du produit fini. (**Article 3 de décret n°88-1203**).

Selon la réglementation française " La dénomination "yaourt" ou "yoghourt" est réservée au "lait fermenté" obtenu, selon, les usages loyaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent être ensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit mis en vente. La quantité d'acide lactique libre contenue dans le "yaourt" ou "yoghourt" ne doit pas être inférieure à 0,8 gramme pour 100 grammes lors de la vente au consommateur (**Yadav et al., 2015**).

II.2. Différents types de yaourt

La diversité des types de yaourts est due à la différence dans leur composition chimique et leur technologie de fabrication, en plus de leur saveur. Le tableau 3 explique et résume les différents types de yaourts.

Tableau II.3 :Différents types du yaourt et leurs caractéristiques (Yaldiz, 2010 ; Weerathilake al., 2014 ;Kourdache et Ouchiha, 2017).

Les différents types	Caractéristiques	Référence
<p><u>a) En fonction de la teneur en matière grasse :</u></p> <p>*Yaourt entier (ordinaire)</p> <p>*Yaourt partiellement écrémé (faible en gras)</p> <p>*Yaourt écrémé (sans gras)</p>	<p>-Le yaourt ordinaire est produit à partir de lait entier qui doit contenir au moins 3,25 % de matière grasse laitière. (MG minimum 3%).</p> <p>-le yaourt faible en gras sont produits à partir lait partiellement écrémé. (MG moins de 3% et Plus de 0,5%)</p> <p>-le yaourt sans gras sont produits à partir du lait écrémé.(MG maximale 0,5%).</p>	<p>(KOURDACHEet OUCHIHA., 2017). (Weerathilake, W.A.D.V.,et al.,2014)</p>
<p><u>b) En fonction de la nature physique et la technologie de fabrication :</u></p> <p>*Le yaourt étuvé ou ferme (solide)</p> <p>*Le yaourt brassé (Semi-liquide)</p> <p>*Le yaourt à boire (liquide)</p> <p>*Yaourt glacé</p>	<p>-le yaourt à caractère solide (texture gélatineuse, ont une texture ferme à surface lisse est incubé et refroidi dans l'emballage final et n'est pas perturbé.</p> <p>-le yaourt est à l'état semi-solide, il présente une texture presque fluide. Amené à une consistance crémeuse après coagulation, est Incubant dans une cuve Suivi d'un broyage et d'une agitation avant refroidissement et emballage.</p> <p>-Similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement.</p> <p>-Après fabrication du yaourt, celui-ci est surgelé en batch ou en continu Congélateurs.</p>	<p>(Yaldiz, 2010 ; Weerathilake al., 2014 ;Kourdache et Ouchiha, 2017).</p>

<p>c) <u>En fonction la saveur et les additifs alimentaires :</u></p> <p>*Yaourt aromatisé</p> <p>*Yaourt fruité</p> <p>*Yaourt light (nature)</p>	<p>-Les yaourts caractérisent par l'addition de l'arôme et sont disponibles dans une vaste gamme de saveurs, notamment aux fruits, vanille, etc. En général, les saveurs sont ajoutées au yaourt pendant la phase de production.</p> <p>- Il existe deux sortes de yaourts aux fruits : l'un a les fruits fixés au fond de l'emballage, tandis que l'autre les fruits sont répartis uniformément dans le yaourt lui-même</p> <p>- C'est la forme de yaourt la plus simple, il peut être défini comme le fermenté nature et non sucré, ne contenant aucun colorant ajouté ni aucun autre additif.</p>	<p>(Yaldiz, 2010 ; Weerathilake <i>al.</i>, 2014 ;Kourdache et Ouchiha, 2017).</p>
--	--	--

II.3. Processus de Fermentation lactique de yaourt

La fermentation lactique est l'étape centrale du procédé de fabrication des laits fermentés Elle correspond à la transformation du lactose du lait en acide lactique, sous l'action de micro-organismes spécifiques appelés bactéries lactiques. Elle s'accompagne de modifications biochimiques, physico-chimiques et sensorielles du produit (Béal *et al.*, 2019).

C'est un procédé biologique qui consiste en l'utilisation de bactéries lactiques afin de transformer les sources de carbone présentes en acide lactique. La matière première est ainsi transformée biochimiquement. La fermentation lactique contribue ainsi à l'acidification, à la production de composés d'arômes et à l'épaississement. Ces transformations améliorent sa conservation, mais aussi ses qualités organoleptiques et nutritionnelles (Harle, 2020).

II.3.1. Bactéries caractéristiques le processus de la fermentation lactique de yaourt

Les bactéries lactiques (BL) sont largement utilisées les travailleurs de l'industrie laitière ont acidification du lait et développement de la saveur propriétés.

La technologie du yaourt est basée sur la mise en œuvre simultanée de deux espèces de bactéries lactiques, *St. salivarius* sous-espèce. *Thermophilus* et *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*.

Et Pour qu'un produit laitier fermenté soit étiqueté « yaourt », il doit contenir les deux types de bacteries. (Bourgeois et Larpent, 1996 ;Yaldiz, 2010).

II.3.1.1. *Streptococcus thermophilus*

S. thermophilus est une bactérie Gram-positive présentant des cellules ovoïdes apparaissant par paires ou en chaînes courtes. C'est une bactérie thermophile avec une température de croissance optimale de 42 °C et un organisme anaérobie aérotolérant, elle appartient au groupe salivais phylum Firmicutes et à la famille des *Streptococcaceae* (Uriot et al., 2017).

Streptococcus thermophilus revêt une importance majeure pour l'industrie agroalimentaire puisqu'elle est massivement utilisée pour la fabrication de produits laitiers et il est considéré comme le deuxième plus important starter industriel laitier après *Lactococcus (Lc.) lactis*. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes.

Le principe du rôle de *S. thermophilus* est de fermenter le lactose du lait en acide lactique et de former un gel en abaissant le pH, il produit également de l'acide pyruvique, de l'acide formique et du dioxyde de carbone qui stimulent la croissance de *L.bulgaricus*. (Bourgeois et Larpent, 1996., Roux,M., Nicolaset al.,2022).

II.3.1.2. *Lactobacillus Bulgaricus*

Ce lactobacille a été décrit pour la première fois par Orla-Jensen (1919) et nommé *Thermobaeterium. bulgaricus* est un bacille Gram positif, immobile, asporulé, microaérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes. Est une homofermentaire, fermente peu de glucides, c'est-à-dire le glucose, le lactose, le fructose et parfois galactose ou mannose. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final.

Lb. bulgaricus est une bactérie thermophile, et sa température optimale de croissance est d'environ de 42 °C (Zourari et al., 1992 ;Mihoubi et Djeha, 2019). Est une espèce importante de bactéries lactiques qui utilisé dans la production industrielle de lait fermenté produits. (Marty-teyssset et al., 2000).

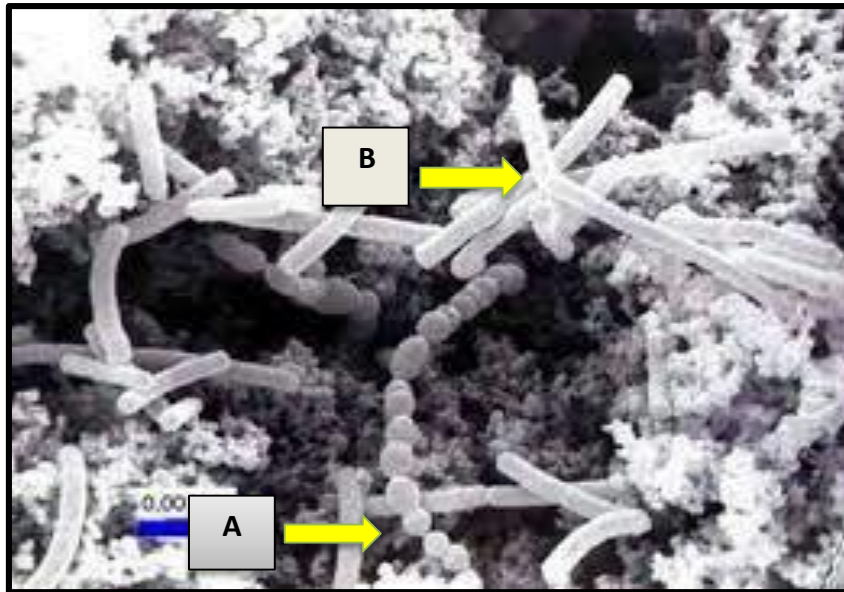


Figure II.3 : Bactéries caractéristiques de yaourt (A : *St.Thermophilus*, B: *L.Bulgaricus* (Mihoubi et Djeha, 2019).

II.3.2. Interaction entre les deux bactéries caractéristiques de yaourt

Le yaourt constitue un écosystème simple dont la fabrication repose sur les interactions prenant place entre les deux espèces de bactéries lactiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (Courtin et Rul, 2003).

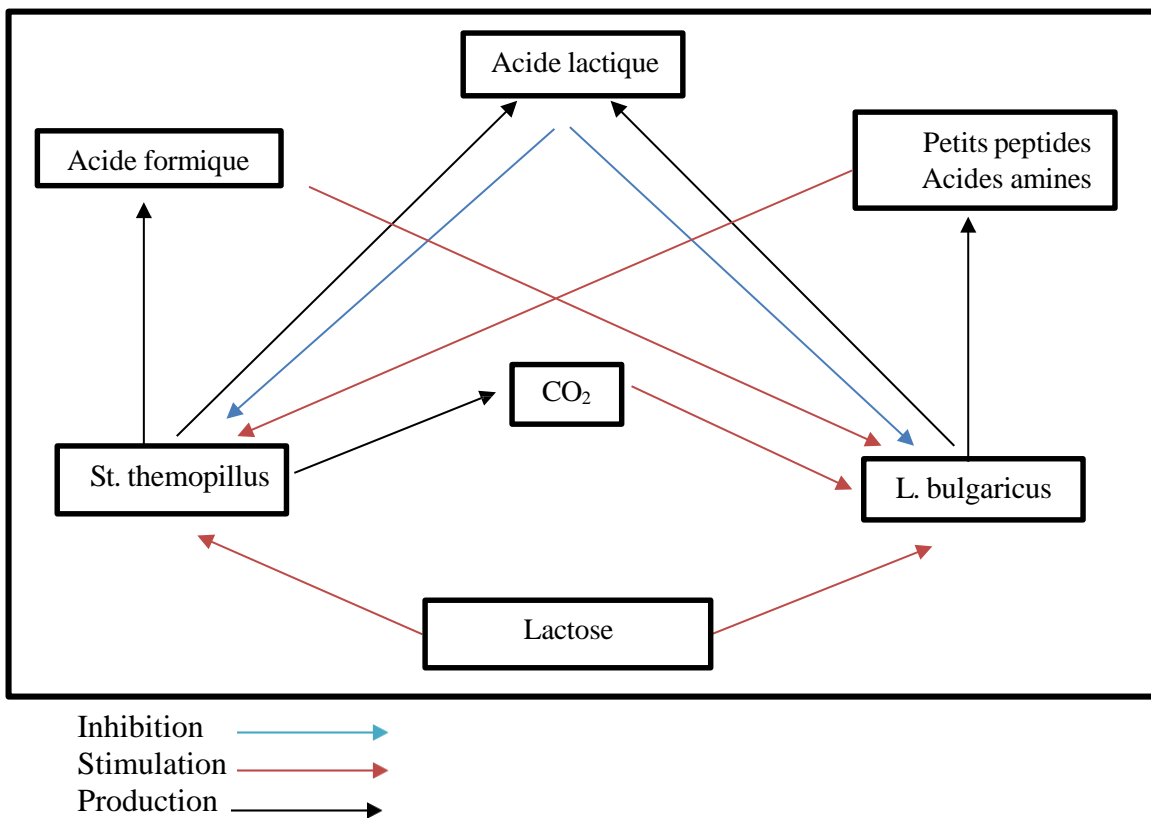


Figure II.4 : Schéma des interactions métaboliques de *S.thermophilus* et *Lb.delbrueckii ssp.bulgaricus* en culture mixte dans le lait (Jeantet et al., 2008).

L'association de ces deux bactéries allie à la fois une relation de compétition (compétition pour les nutriments disponibles dans le milieu de croissance) et une relation de mutualisme (synthèse et dégradation de métabolites pour l'autre bactérie). L'interaction entre *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* dans un milieu laitier est décrite par le terme écologique de proto-coopération. Ce dernier est la base pour la création de la relation symbiotique entre les deux espèces et un métabolisme combiné avec des effets positifs sur le produit fermenté. Bien que *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* soient capables de fermenter le lait individuellement, leurs croissances et leurs métabolismes sont stimulés en cultures mixtes par rapport à des monocultures (Sieuwerths et al., 2008 ; Yahia, 2012).

En revanche, la croissance de la culture symbiotique entraîne des modifications des composants originaux du lait responsables des propriétés physiques, chimiques et sensorielles du yaourt (Sfakianakis et Tzia, 2014).

Interaction entre ces deux que, Les protéases liées aux cellules de *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* sont capables de former de petits peptides et des acides aminés, le principal acide aminé étant la valine, qui sont exploités par *Streptococcus thermophilus* pour leur croissance. L'activité protéinase de cette dernière est beaucoup plus faible que celle de *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* ; cependant, les peptidases de *Streptococcus thermophilus* il peut hydrolyser les produits intermédiaires de la protéolyse de la caséine de *L. delbrueckii* sous-espèce. *Bulgaricus*, qui constitue un aspect important de la relation synergique entre les deux organismes présents dans le yaourt. *Streptococcus thermophilus* produit de la purine, pyrimidine, CO₂, acide formique, acide oxaloacétique et acides fumariques qui sont le principales sources de croissance et le stimulent la croissance de *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* (Yahia, 2012).

II.4. Facteurs influençant sur le métabolisme des bactéries lactiques de yaourt

Il y'a plusieurs facteurs physiques, chimiques et microbiologiques qui influencé sur la croissance et l'acidification des bactéries lactiques, ainsi que leurs autres activités métaboliques.

II.4.1. Facteur physiques

- **La température** : la température est le premier facteur environnemental à considérer pour le développement des bactéries lactiques. Elle agit sur les vitesses des réactions chimiques et biochimiques et la perméabilité des membranes cellulaires. Elle doit être fixée autour de 30 °C pour les bactéries mésophiles ou de 42 °C pour les espèces thermophiles et doit être prise en compte lors l'élaboration des mélanges de souches.

- **L'activité de l'eau (aw):** est liée à la présence de sels ou de sucres dans les produits. Lorsqu'elle diminue, la quantité d'eau libre décroît et la disponibilité des nutriments est affectée. Concernant les laits fermentés, l'ajout de saccharose dans les produits sucrés diminue cette activité de l'eau (**Béal et Sodini, 2003**).
- **L'oxygène (O₂) :** les bactéries lactiques sont incapables de respirer. Elles produisent de l'énergie à partir des sucres selon la voie homofermentaire ou hétérofermentaire. Cependant, la tolérance des bactéries lactiques à l'oxygène est variable. En fonction des souches et des conditions de cultures, l'oxygène peut exercer, soit un effet stimulant, soit un effet inhibiteur. Les souches de *Lactobacillus delbeneckii* subsp. *bulgaricus* sont moins résistantes à l'oxygène que *Streptococcus thermophilus* et les lactocoques (**Courrieu et Luquet, 2008**).

II.4.2 Facteur chimiques

- **La qualité du lait :** est le facteur le plus important dans le développement des bactéries lactiques (comme la teneur initiale en lactose, en sels minéraux et en fraction azotée libre "acides aminés et oligopeptides"). La limitante de l'une de ces molécules affectera la croissance des bactéries. (**Mihoubi et Djeha, 2019**).
- **La présence des antibiotiques :** Le lait peut contenir accidentellement des antibiotiques. Ces derniers sont utilisés en particulier pour le traitement des mammites. Ils peuvent entraîner une inhibition des bactéries lactiques (**Courrieu et Luquet, 2008**).
- **Le traitement thermique :** subi par le lait avant l'étape de fermentation agit favorablement sur le métabolisme des bactéries. il permet d'éliminer les principales substances antibactériennes naturellement présentes dans le lait ce qui favorise les croissances bactériennes. De plus, il génère de faibles quantités d'acide formique à partir du lactose, ce qui stimule la croissance des lactobacilles. Enfin, il contribue à l'augmentation de la teneur du lait en petits peptides et acides aminés libres, favorisant ainsi le développement des streptocoques (**Béal et Sodini, 2003**).
- **Le pH :** de milieu influence fortement la croissance des bactéries lactiques. Les valeurs de pH optimal de croissance sont généralement comprises entre 6 et 6.5 pour *Streptococcus thermophilus*, et entre 5, 5 et 6, 0 pour les lactobacilles. . Lors de leur culture dans du lait, les bactéries lactiques acidifient le milieu de culture, ce qui entraîne une baisse de leur taux de croissance, jusqu'à provoquer un arrêt complet de la croissance (**Courrieu et Luquet, 2008**).

II.4.3. Facteur microbiologiques

- Le choix des souches est crucial pour l'obtention des spécificités de chaque produit. Ce choix se fait en fonction des fonctionnalités de chaque souche (acidification, production d'arômes, aptitude texturant, post-acidification) (**Béal et Sodini, 2003**).
- Le taux d'ensemencement du lait avec les bactéries lactiques influence fortement sa transformation. Plus il est élevé, plus rapide est la fermentation. Est le taux d'ensemencement de lait est selon l'espèce bactérienne utilisé. (**Mihoubi et Djeha, 2019**).

II.5. Technologie de fabrication du yaourt

La technologie de fabrication et de transformation du yaourt comprend plusieurs étapes, comprendre : la réception et standardisation du lait (teneur en matières grasses et en protéines), Homogénéisation, traitement thermique du lait, incubation/Fermentation, refroidissement et stockage (**Lee et Lucey, 2010**).

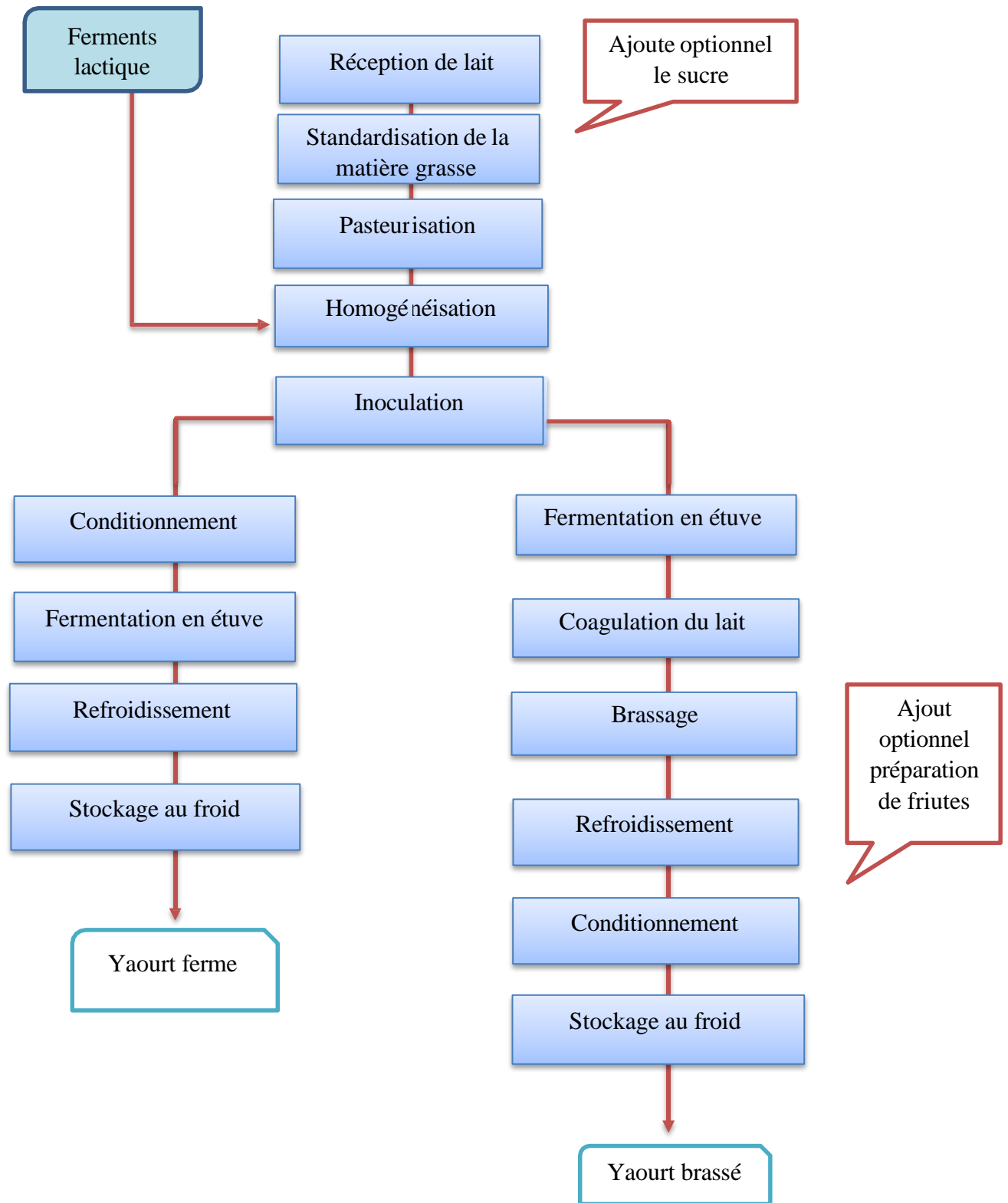


Figure II.5 : Diagramme de fabrication de yaourt (Bourlioux et Braesco, 2011).

II.5.1. Réception du lait

La qualité du lait cru est essentielle à la qualité sensorielle, chimique et microbiologique du produit final. Le lait peut être fourni à la laiterie dans une baratte à lait ou par camion-citerne après avoir été stocké au froid à la ferme. Pendant le transport, une croissance bactérienne est susceptible de se produire entre la traite et le moment où le lait atteint le lait. Les laiteries, car ce délai peut durer jusqu'à une journée, le niveau de contamination bactérienne doit donc être déterminé par la qualité de l'hygiène lors de la traite, la température et la durée de stockage. (Yaldiz, 2010).

II.5.2. Standardisation

Cette étape est pour bût d'ajuster la teneur en matière grasse les solides non-gras et éventuellement le sucre .Selon le Codex Alimentarius, le yaourt doit contenir un minimum de protéines avec une teneur maximale en matières grasses de 2,7 % et une teneur maximale en matières grasses de 15 % avec une acidité titrable d'au moins 0,3 % exprimée en pourcentage d'acide lactique. Aussi des stabilisants tels que la pectine et ajoutez de la gélatine au mélange de yaourt pour obtenir la consistance, la texture, l'apparence et la viscosité souhaitées et éviter la séparation du lactosérum (Weerathilake et al., 2014).

II.5.3. Homogénéisation

Séparateurs d'homogénéité, Il décompose la graisse en globules plus petits, ce qui l'empêche de se décomposer .Former une ligne de crème. Cela améliore consistance et viscosité du yaourt, ce qui permet d'obtenir une plus grande stabilité de synergie. De plus, l'homogénéité Du mélange de yaourt émietté en poudre Ingrédients permettant une répartition uniforme des composants (Trachoo, 2002).

II.5.4. Traitement thermique

Le traitement thermique du lait réduit le nombre de micro-organismes pathogènes à des limites sûres pour la santé des consommateurs. Différents traitements thermiques peuvent être appliqués, classés en fonction de la durée et de la température, mais le traitement thermique le plus intense est la pasteurisation à haute température qui nécessite une température de 85°C pendant 20 à 30 minutes ou de 90 à 95°C pendant 5 minutes. Lors de la pasteurisation à haute température, la plupart des micro-organismes végétaux sont tués, à l'exception des spores ; La plupart des enzymes sont inactivées ; La plupart des protéines de lactosérum sont dénaturées et une saveur « cuite » caractéristique se développe principalement en raison de la formation de cétones (Sfakianakis et Tzia .,2014).

II.5.5. Incubation / fermentation

Après traitement thermique, le mélange de yaourt est refroidi à 43-46°C, avant d'ajouter des bactéries de culture de yaourt dans une concentration est d'environ 2% (v/v). Cette plage de température est idéale pour les micro-organismes thermophiles utilisés dans le yaourt Culture de départ. Une culture de yaourt standard typique est réalisée de *S. thermophilus* et *L. delbrueckii subsp. Bulgare* à 1:1 taux. . La température d'incubation est Ils sont maintenus et surveillés à un niveau optimal tout au long de la période de travail Processus de fermentation pendant quelques heures (2,5-3 heures) jusqu'à ce que le pH et L'acidité a atteint les niveaux requis avant que j'arrête de le prendre Processus de fermentation par refroidissement rapide. Pendant la fermentation Ce processus est dû à l'activité métabolique des bactéries lactiques. Lorsqu'il est utilisé, le lactose se transforme en acide lactique, qui coagule le lait Les protéines produisent des composés volatils Ce qui lui donne sa saveur et son arôme distinctifs. (Weerathilake et al., 2014).

II.5.6. Brassage / Lissage

L'étape du lissage a pour but d'uniformiser la texture finale des yogourts brassés et des yogourts à boire. En effet, certains grumeaux, provenant d'un bris non uniforme et non complet du caillé, peuvent apparaître dans le produit (Lapointe et Vignola, 2002).

II.5.7. Ajout des additifs

Les ingrédients couramment ajoutés sont des préparations contenant des fruits, des céréales, des arômes et des colorants. Ils sont ajoutés soit avant la fermentation pour les yaourts fermes, soit avant le conditionnement pour les yaourts brassés (Benhamoda et Kaddour, 2023).

II.5.8. Refroidissement /Conditionnement

Le refroidissement à 2-5°C est réalisé au moyen d'un échangeur à plaques, tubulaire ou à surface raclée. Ensuite la Conditionnement se fait en deux types d'emballage sont utilisés : les pots en verre et les pots en plastique (thermoformage), puis stockage en chambre froid à 4 C° jusqu'au la distribution (Jeantetet al., 2008 ; Bourlioux et al., 2011).

II.6. Défauts et altérations du yaourt

Dans la technologie de fabrication du yaourt, des erreurs et des défauts peuvent survenir et affecter sa qualité. Ces défauts peuvent être regroupés en trois catégories : les défauts de goût, les défauts d'apparence et les défauts de texture.

Tableau II.4 : présentent un résumé des principaux défauts de goût, d'apparence et de texture observé dans le yaourt ainsi que leurs causes possibles (**Lapointe et Vignola, 2002**).

Principaux défauts	Causes
<u>Défauts de goût :</u>	
Salé	-Lait mammitieux ou de fin de lactation
Brûlé	-Température trop élevée ou traitement trop long
Acide	-Trop de ferment ; souches trop vieilles ; Perte de contrôle du ferment, dépassement du temps prévu
Amer	-Lait à comté élevé en psychotropes (température, temps ou condition de conservation du lait); Ajout de trop de protéines ; faible pourcentage de matière grasse ; Mauvais choix du ferment
<u>Défaut d'apparence :</u>	
Synérèse	Contamination lactique importante ; Dégradation des protéines par les psychotropes ; Ajout insuffisant de solides totaux et principalement de protéines ; agitation inadéquate du gel ; Manipulations brusques, chocs mécaniques.
Mouse a la surface	Lait contaminé par des microorganismes gazogènes : bactéries lactiques hétérofermentaires, coliformes ou levures ; Pression trop forte Pompage et agitation forts ou brusques entraînant une incorporation d'air
Couche de crème	Pression trop faible
Présence de grumeaux	Trop de protéines ajoutées ; température de solubilisation inadéquate ; Trop poussé Sur acidification (déséquilibre des souches, température trop élevée, taux d'inoculation trop élevé, qualité douteuse du ferment...)
<u>Défaut de texture :</u>	
Mou ou liquide	Lait mammitieux ou de colostrum ; lait de mauvaise qualité ; Teneur faible en protéines ; Pression ou température trop fortes ou trop faibles sur le mélange ; Ferment déséquilibré en faveur du streptocoque ; mauvaise qualité du ferment, temps de fermentation insuffisant, brassage du gel avant la fin de la coagulation.
Trop ferme, gommeux	Trop rapide, sans temps de rétention, agitation trop forte du gel ; Lait de fin de lactation, présence de bactéries contaminantes filantes ; Teneur trop élevée en protéines, trop de stabilisant ou mauvais choix du stabilisant
Faible onctuosité	Mauvais choix du ferment ; Faible teneur en matière grasse.
Séparation des phases dans le contenant (gel et sérum au-dessus)	Incorporation d'air dans le caillé Refroidissement trop fort Pompes et agitation inadéquate.

II.7. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

Le yaourt fait partie des aliments riches en nutriments qui contiennent nutriments essentiels tels que protéines, vitamines et minéraux nécessaire à la croissance (**Weerathilake et al., 2014**).

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait

- Protéines : 4 à 5% ;
- Lipides à un taux variable ;
- glucides : 5 à 20% selon qu'il soit nature ou sucré.

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait (**Jeantet et al., 2008**).

❖ Amélioration de l'absorption du lactose

Les bactéries lactiques que contient le yaourt restent actives dans le tube digestif tout au long du tractus intestinal, ce qui permet une bonne hydrolyse, et donc une bonne digestion du lactose présent dans les yaourts et transformé en galactose et acide lactique. C'est pourquoi les yaourts sont parfaitement tolérés chez les personnes intolérantes au lactose par déficit en lactase (**Lecerf, 2020**).

❖ Stimulation du système immunitaire

Yaourt contenant des *Lactobacillus spp.* et les bifidobactéries produisent des peptides bioactifs qui stimulent la reproduction et la maturation de lymphocytes T et améliorer l'immunité (**Mishra et al., 2008**). Aussi une étude récente a montré que le yaourt produit des polysaccharides immunomodulateurs qui augmentent le niveau d'activité des lymphocytes tueurs naturels (NK) impliqués dans l'immunité cellulaire. En plus de Stimule l'immunité muqueuse locale et améliore la réponse vaccinale.

❖ Action préventive contre les cancers du système digestif

Des expériences menées que bactéries lactiques peuvent diminuer les taux d'enzymes responsables de l'activation de certains procarcinogènes (**Drouault et Corthier, 2001**). Selon l'accord du National Cancer Institute (2002), le cancer du côlon ou du rectum (côlon et rectal), a montré des produits laitiers probiotiques qui incluent le yaourt, un effet inhibiteur sur le cancer du côlon (**Mazahreh et Ershidat .,2009**).

❖ Activité antimicrobienne

Les ferments lactiques *Streptococcus Thermophilus* et *Lactobacillus Bulgaricus* sont des probiotiques. De nombreuses études ont montré qu'ils possédaient des propriétés propres aux probiotiques : ils améliorent les troubles fonctionnels intestinaux, réduisent la sévérité des diarrhées infectieuses, exercent un effet favorable sur la diarrhée post-antibiothérapie (**Lecerf, 2020**). Les *lactobacilles* il être activement agressif contre de nombreux micro-organismes, notamment alimentaires organismes d'altération et pathogènes (**Achi et al., 2019**).

❖ Action hypocholestérolémiant

Un certain nombre d'études ont montré que la consommation de yaourt a un effet hypocholestérolémiant. Cet effet, bien que non totalement élucidé, serait dû à une synergie entre des composés du lait (acides orotique et urique) et un produit issu du métabolisme bactérien (acide 3-hydroxy-3-méthylglutarique) (**Jeantet et al., 2008**).

C

HAPITRE

III

Matériels et Méthodes

III.1. Lieu de l'étude expérimentale

L'expérimentation, été réalisé au sein des laboratoires pédagogiques de la Faculté (SNV) de l'Université de Kasdi Merbah-Ouargla pour les analyses bactériologiques, et pour de l'analyses physicochimiques du yaourt ont été réalisées dans les laboratoires de l'Unité Laitière-Lactosude- Ouargla .Quant au protocole pour l'obtention de la farine de quinoa, des analyses physico-chimiques ont été réalisées dans les laboratoires du plateau technique-Ouargla (PTAPC/CRAPC) .

III.2. Objectifs de l'étude

Le but de cette étude consiste à suivre et évaluer l'effet de l'ajout de farine de quinoa à différents taux sur les propriétés bactériologiques, physico-chimiques et organoleptique du yaourt liquide (à boire).

III.3. Matériels biologiques

III.3.1.Grains de quinoa

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est le génotype de quinoa *Chenopodium quinoa* Willd, spécifiquement le cultivar *Amarilla Sacaca*, connu sous le nom de Q102. Les graines de ce cultivar ont été produites et récoltées pendant la campagne agricole 2021-2022 à la Ferme de démonstration et de production de semences El Arfiane, située à Djamaâ (la wilaya El-Meghaier) (voire la figure III.6).



Figure III.6 : Grains de quinoa (Q102) avant subis de traitement.

III.3.2. Laits en poudres

Pour préparation de yaourt liquide (à boire) on a utilisée deux types de poudre de lait, qui fournir par l'unité laitière "lactosud" -Ouargla. Le tableau suivant représente les caractéristiques de chaque poudre de lait utilisée.

Tableau III.5 : représenté les caractéristiques de poudre de lait utilisée.

Type de poudre	origine	Date de production	Date d'expiration
Poudre de lait écrémé (0% MG)	Canada	20/11/2023	19/11/2025
Poudre de lait entier (26.3% MG)	Nouvelle Zélande	28/08/2023	26/08/2025

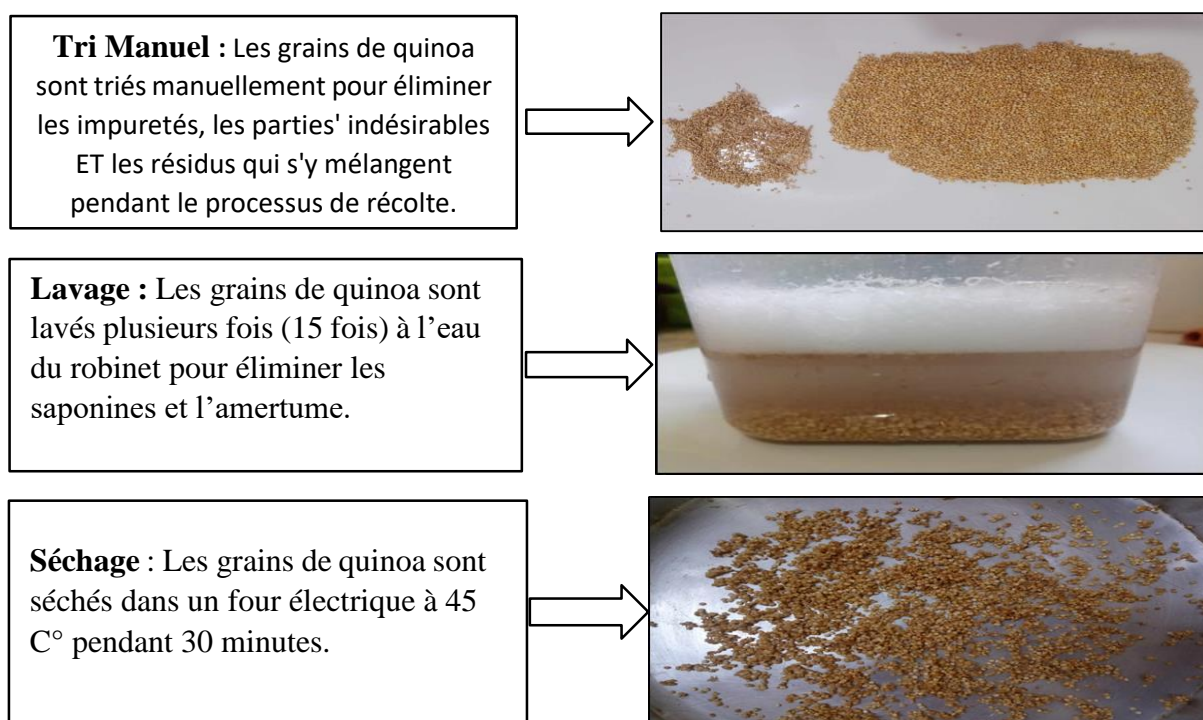
III.3.3. L'eau utilisée

L'eau utilisée pour la préparation de yaourt boire est l'eau de robinet qui a subis de traitement par osmoseur (phénomène d'osmose inverse), de conductivité finale ($24\mu\text{S}/\text{cm}^2$) et pH (6.8-7.2), qui fournis par l'unité laitière "lactosud" Ouargla.

III.4. Méthodes

III.4.1. Préparation la farine de quinoa

Pour l'obtention la farine de quinoa, j'ai applique ensemble de traitement sur les grains de quinoa, comme il est montre ci-dessous la figure () :



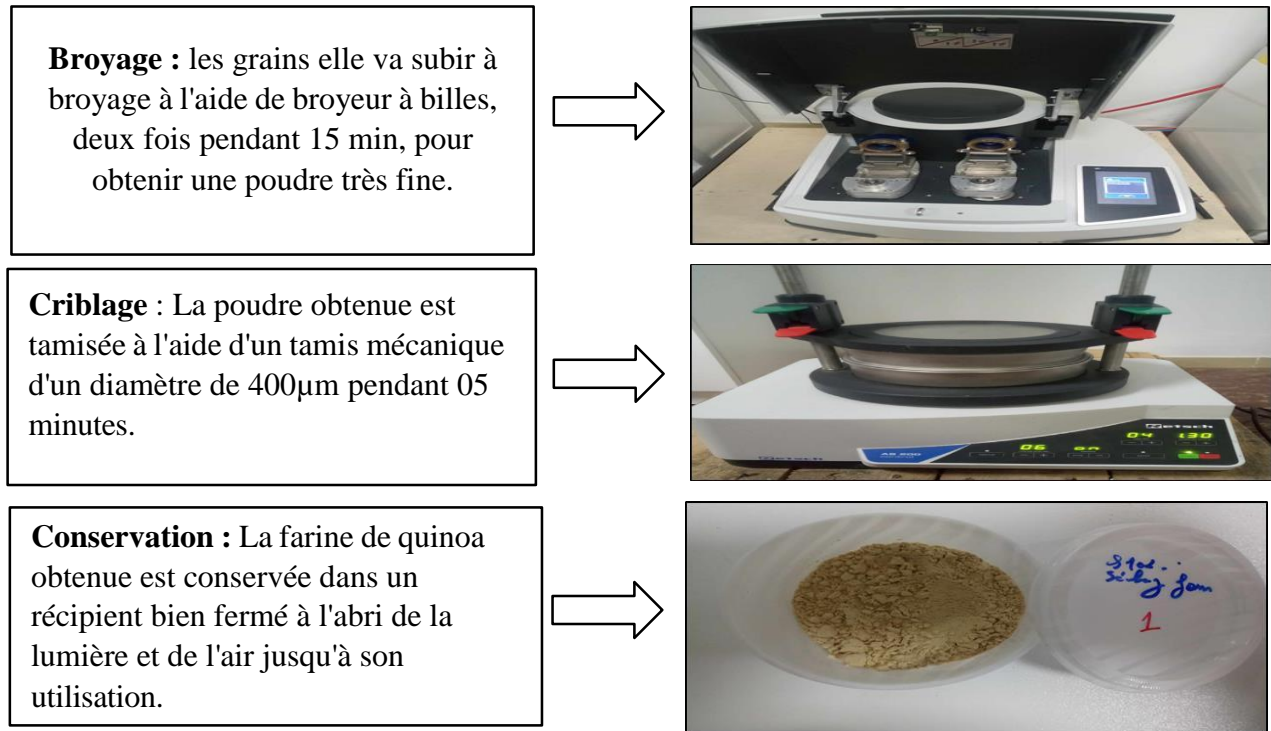
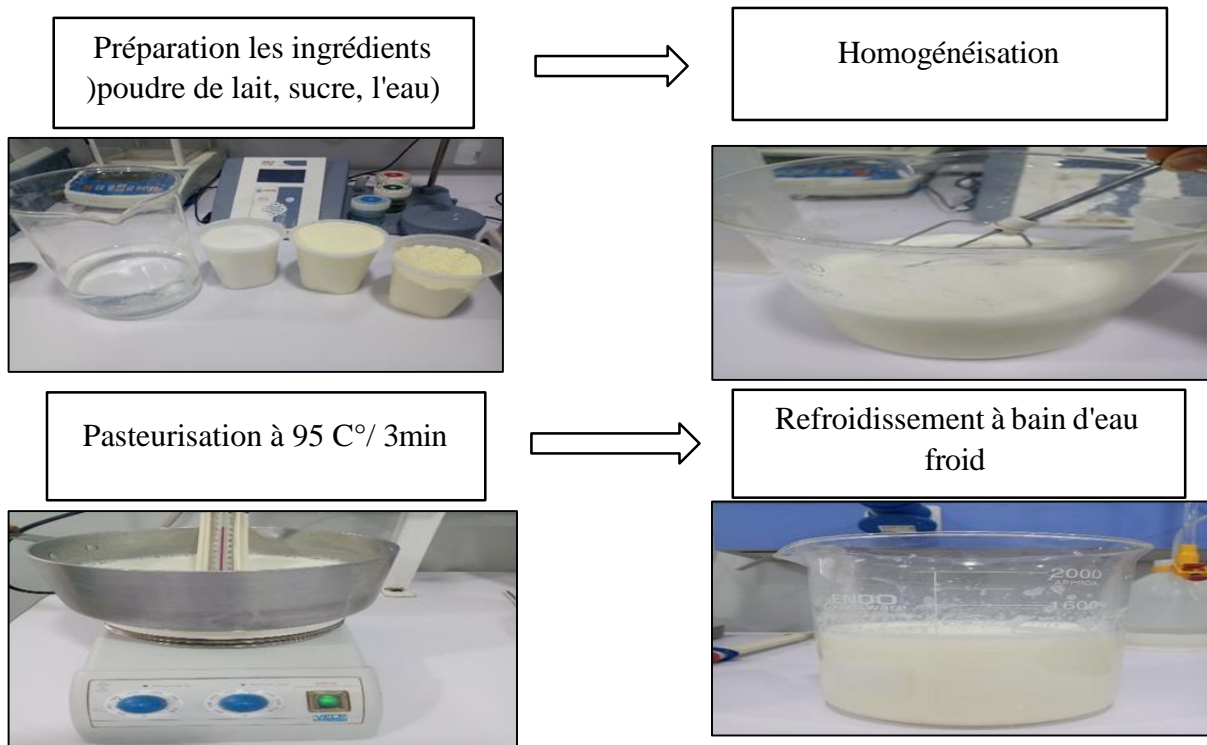


Figure III.7 : méthodologie d'obtention la farine de quinoa (avec photos originale).

III.4.2. Préparation de yaourt boire

Les étapes et la méthode de fabrication d'un yaourt boire avec différentes proportions de quinoa, sont présentées et résumées dans la figure ci-dessous :



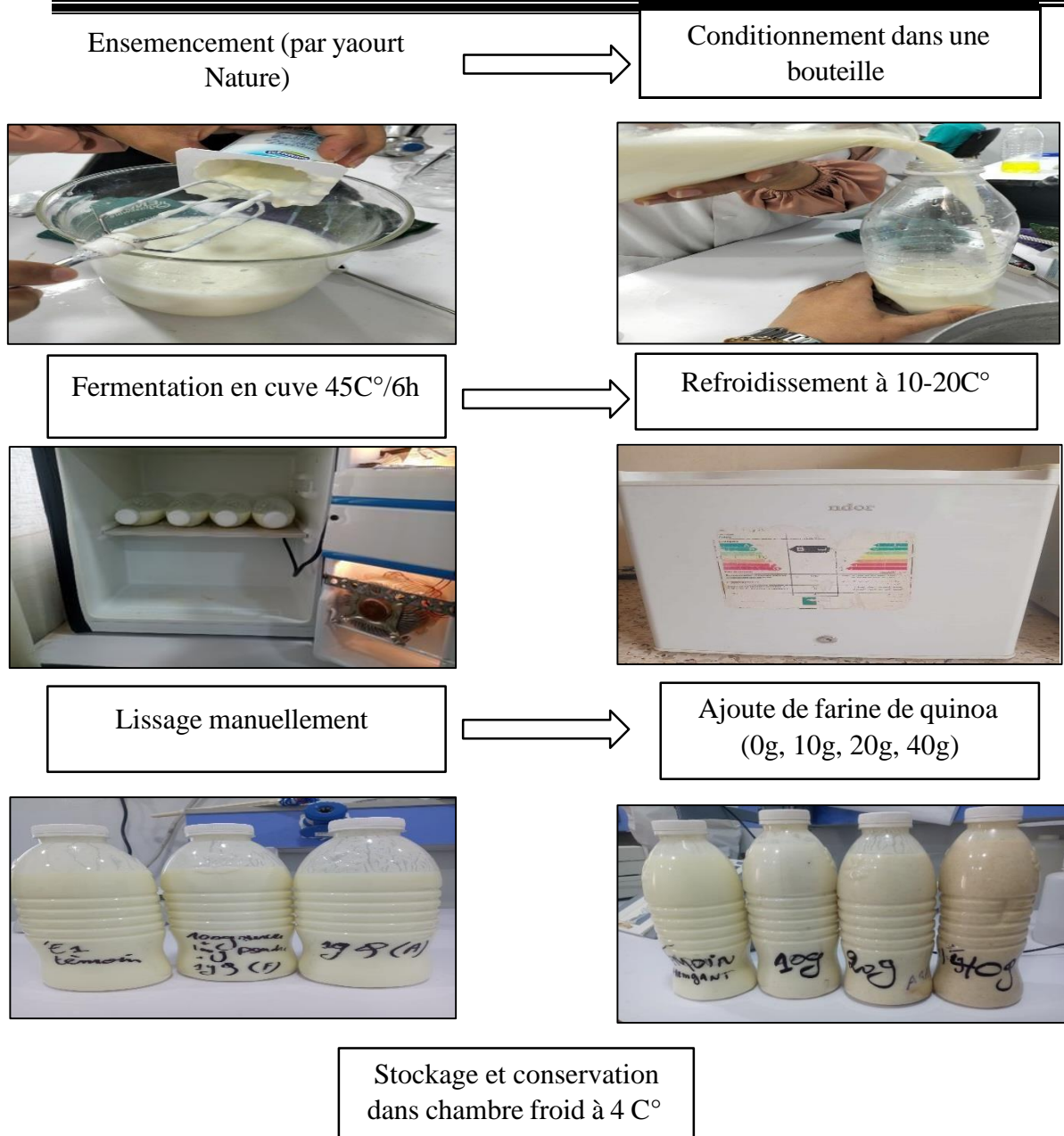


Figure III.8 : Les étapes de fabrication yaourt à boire (avec photos originale).

III.4.2.1. Préparation les ingrédients

Tous ces ingrédients sont ajoutés ensemble

- Le lait en poudre :** Deux types de lait en poudre ont été utilisés pour préparer le yaourt, le premier type était entier 26% MG, d'une quantité de 45 g, et l'autre était écrémé 0% MG, d'une quantité de 45 g, dans un litre d'eau .pour enrichissement le yaourt avec de les protéines et de la matière grasse. Les protéines ont un rôle déterminant sur la texture et la matière grasse sur les caractéristiques organoleptiques (saveur, arômes). Protéines et matière grasse contribuent également à masquer l'acidité du produit (Jeantet et al., 2008).

- **L'eau** : ont été utilisés l'eau robinet subis de traitement par osmoseur (1000ml pour une bouteille)
- **Sucrage** : le sucre est ajouté un taux (60 g saccharose par litre de lait) et c'est pour permettre à la saveur d'améliorer et d'obtenir le goût souhaité de la douceur en plus de l'équilibrage de l'acidité de Yaourt résultant de la fermentation.

III.4.2.2. Homogénéisation

Tous les ingrédients mentionnés précédemment sont mélangés au batteur à main jusqu'à l'obtention d'une consistance homogène, aussi afin de réduire la taille des globules gras et d'empêcher leur remontée à la surface des produits pendant la fermentation et le stockage (**Béal et Helinck, 2019**).

III.4.2.3. Traitement thermique (pasteurisation)

Versez le lait homogène dans un récipient et placez-le sur la plaque chauffant jusqu'à ce qu'il atteigne à 95 C° pendant 3 min. Le traitement thermique ayant 3 effets sur la production de yaourt : la destruction des microorganismes pathogènes potentiellement présent dans le lait, améliorer la consistance et la viscosité, ainsi affecter sur le gout et la couleur (**Vingola, 2002**).

III.4.2.4. Refroidissement à la température de fermentation

Après le processus de pasteurisation, le lait est refroidi à l'aide d'un bain d'eau froide avec l'utilisation de gel réfrigérant pour accélérer le processus de refroidissement jusqu'à ce que la température atteigne 45 C°.

III.4.2.5. Ensemencement

Une fois que la température atteint 45, température idéale pour la croissance des bactéries du yaourt (*St.thermophilus* et *L.bulgaricus*), le processus de fermentation est effectué avec du yaourt du commerce (Nature) à raison d'une boîte par litre de lait, en mélangeant bien jusqu'à obtenir une texture homogène (**Sfakianakis et Tzia, 2014**).

III.4.2.6. Conditionnement

Le lait encemencé est versé dans des bouteilles de type plastique alimentaire propres d'un 1 litre fournies par l'unité Lacto-sud Ouargla dans condition propre.

III.4.2.7. Fermentation (incubation) en cuve

Les bouteilles sont placées dans une cuve réglée à température 45 C°, et incubé pendant 4 à 6 h.

III.4.2.8. Refroidissement du coagulum

Lors de processus de la fermentation terminé et du pH à (4,2-4,6), le Yaourt est placé dans le réfrigérateur pour le refroidir à 10-20 C°.

III.4.2.9. Lissage de coagulum

Cela se fait manuellement en tournant doucement les bouteilles. L'étape de lissage a pour but d'uniformiser la texture finale de yaourt à boire (Vingola, 2002).

III.4.2.10. L'ajoute de farine de quinoa :

La farine de quinoa séchée au four est ajoutée à différents concentrations (0g, 10g ,20g, 40g par 1000 ml), tout en remuant les bouteilles .Tout cela est fait dans une zone propre, pour éviter la précipitation du farine de quinoa au bas de la bouteille, il est ajouté après le processus de refroidissement et de lissage.

III.4.2.11. Stockage et conservation :

Refroidissement et stockage généralement en chambre froid et maintien à température 4 °C jusqu'à la distribution.

III.5. Analyses microbiologiques de yaourt

Les analyses microbiologiques ont été réalisées pour évaluer et vérifier la qualité hygiénique du produit, et pour étudier influence de la supplémentation la farine de quinoa dans le yaourt sur des germes de contamination.

III.5.1. Milieux de culture utilisés

Dans cette étude expérimentale, les milieux de culture utilisés pour détecter l'état microbiologique de yaourt sont :

- Gélose VRBG (Violet Red Bile Glucose) Gélose Chapman
- Bouillon RV (Rappaport Vassiliadis)
- Gélose (Hektöen)
- Gélose VF (viande foie)

Diluants utilisés :

- Eau peptone tamponnée
- Eau physiologique
- Les compositions des milieux de cultures et les dilutions sont citées dans l'annexe.

III.5.2. Préparation la solution mère et des dilutions décimales

Dilution primaire ou suspension mère (10^{-1}) a été obtenue après pesée 10 ml de yaourt à analyser et introduire dans une fiole stérile contenant des billes de verre, après ajouter 90 ml de diluant (eau physiologies) et agiter pour disperser. Ensuite une série de dilution décimales est réalisée à partir de la solution mère (10^{-1}) par Introduire avec une nouvelle pipette stérile 1 ml de la dilution primaire dans un nouveau tube contenant 9 ml de diluant stérile (eau physiologique) en évitant le contact de la pipette avec le diluant. Ce qui représentée la dilution (10^{-2}). En répétant cette opération sur chaque dilution ainsi préparée jusqu'à obtention d'une gamme de dilutions décimales appropriée pour l'ensemencement et dénombrement de chaque flore bactérienne (JORNA N°70, 2004).

III.5.3. Recherche et dénombrement des germes

III.5.3.1. Recherche et dénombrement des *Entérobactériacea*

Les *Entérobactéries* sont des bacilles ou Coccobacilles Gram négative, sporulés, ils sont anaérobies facultatifs. La famille des (*Enterobacteriaceae*) regroupe de nombreuses espèces dont la plupart sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux (Guiraud, 2012).

- **Principe (ISO 21528, 2018)**

Dans une boîte de Pétri stérile et à l'aide d'une pipette stérile transférer dans la boîte 1 ml de l'échantillon (la suspension) ensuite, ajouter dans chaque boîte de pétri environ 15 ml de la gélose à la bile, au cristal violet et au glucose (VRBG), préparée puis refroidie entre 44 °C et 47 °C dans le bain d'eau. Mélanger soigneusement l'inoculum et le milieu par des déplacements horizontaux des boîtes et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface fraîche horizontale. Après solidification du mélange, ajouter une seconde couche d'environ 5 ml à 10 ml de gélose (VRBG) pour empêcher l'étalement des colonies et obtenir des conditions semi-anaérobies. Laisser se solidifier et inverser les boîtes et incuber à 37 °C pendant 24 h et 48h.

- **Lecture**

Le dénombrement est réalisé grâce à la présence ou l'absence de colonies caractéristiques de couleur rose à rouge ou Violette (avec ou sans halo de précipitation).

III.5.3.2. Recherche et dénombrement *staphylococcus aureus*

Sont des coques appartient à la famille des *Micrococcaceae*, sont de Gram +, immobiles, asporulés, halophiles, peu exigent du point de vue nutritive. Sont particularité par la fermentation de mannitol et sont de coagulase et catalase positive (**Guiraud, 2012**).

- **Principe (ISO 6888, 2021)**

Transférer, à l'aide d'une pipette stérile, 0,1 ml de l'échantillon (suspension), à la surface d'une boîte de pétri contenant du milieu de Chapman coulée et étaler l'inoculum le plus rapidement possible sur la surface de la boîte de milieu gélosé, en Évitez de toucher les bords de la boîte de Pétri avec l'étaleur. Laisser sécher, retourner les boîtes préparées et les incuber entre 34°C et 38°C pendant 24 et 48 h.

- **Lecture**

Le dénombrement est fait par la présence et apparition de colonies dorées avec un changement de couleur du milieu

III.5.3.3. Recherche et dénombrement des *anaérobies sulfite-réducteurs*

Clostridium sont des micro-organismes anaérobies formant des spores, appartenant à la famille des *Bacillacées* et au genre *Clostridium*, sont Gram +, et capable de réduire sulfite en sulfure d'hydrogéné (**JORA N°36, 2013**).

- **Principe (ISO 15213, 2023)**

Transfère a l'aide de pipette stérile 1ml de l'échantillon (la suspension) est déposée dans une tube stérile vide après un chauffage pendant 10 minutes à une température de 90°C, puis refroidir par l'eau robinet et ajoute quelque goutte de l'alun de fer et mélangé bien, ensuite en rajoute 25 ml de Viande Foie, incubé les tubes en 37 C° pendant 24h et 48 h.

- **Lecture**

Leur dénombrement est réalisé grâce à la présence ou l'absence de colonies entourées par des halos noirs (**Bouricha , 2022**).

III.5.3.4. Recherche des *salmonelles*

Les *Salmonella* c'est un genre bactérien qui appartient à la Famille des *Enrèrobacteriaceae*, des Bacilles à gram négatif habituellement mobiles par des cils péritriches. ses espèces ne ferment pas le lactose et la plupart des souches sont gazogène et produisent de l'H₂O (**Multon et al., 1991**).

- **Principe (ISO 6579, 2017)**

En générale, la recherche de *salmonella* nécessite 3 phases successives : pré-enrichissement, enrichissement et isolement.

Un pré-enrichissement par introduire 25 ml de l'échantillon (yaourt) dans 225 ml d'eau peptone tamponné et incubé en 37 C° pendant 24 h.

S'en suit un enrichissement par prendre 1 ml du milieu de pré-enrichissement dans 9 ml de bouillon rapport vassilidias (RV) stérile et incubation à 41,5°C /24 h. Enfin, un isolement est effectué par transfert 0,1ml de milieu d'enrichissement, à la surface de la gélose Hektoen et étalonnent en strie ensuite incubé à 37C° pendant 24h et 48 h.

- **Lecture**

Les colonies typiques de *Salmonella* sont des colonies incolore ont un centre noir et une zone légèrement transparente.

III.5.3.5. Lecture et l'interprétation

La lecture et l'interprétation des analyses microbiologiques se fait selon les normes (ISO 7218:1996).

Après la période d'incubation indiquée, compter les colonies pour chaque boîte, et lors du dénombrement, le nombre maximum ne doit pas dépasser 300 et le minimum moins de 15.

- **Méthode de calcul :**

Cas général : (comptage des colonies totales ou colonies types)

Le nombre N de micro-organismes est calculé par utilisant l'équation suivante :

$$N = \sum C / V [n1 + (0.1 \times n2)] \times d$$

Où :

N : nombre de microorganisme en millilitre (produits liquides) ou en gramme (autres produits) ;

$\sum C$: est la somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues de deux dilutions successives, et où au moins un contient un minimum de 15 colonie ;

V : est le volume d'inoculum appliqué à chaque boîte, en millilitres (1ml en mass / 0.1ml en surface) ;

0.1 : Facteur standard ;

n1 : est le nombre de boîtes retenues à la première dilution ;

n₂ : est le nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution ;

d : est le facteur de dilution correspondant à la première dilution retenue.

Arrondissez les résultats calculés à deux chiffres significatifs. Pour ce faire,

- Si le troisième chiffre est inférieur à 5, ne modifier la figure précédente ;
- Si le troisième chiffre est supérieur ou égal à 5, augmenter le chiffre précédent d'une unité.

Prendre comme résultat un nombre de préférence compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par la puissance appropriée de 10, ou un entier nombre avec deux chiffres significatifs.

Cas des boîtes contenant moins de 15 colonies

Si les deux boîtes contiennent moins de 15 colonies, le nombre estimé NE de micro-organismes calculé par utilisant l'équation suivante :

$$NE = \sum C / V \times n \times d$$

Où :

NE : nombre estimé de micro-organismes par millilitre (produits liquides) ou par gramme (autres produits) ;

C \sum : est la somme des colonies comptées sur les deux plats ;

V : est le volume d'inoculum appliqué à chaque boîte, en millilitres ;

n : est le nombre de plats retenus (dans ce cas, n = 2);

d : est le facteur de dilution de la suspension initiale ou de la première dilution inoculée ou retenue.

• **Interprétation vis-à-vis des plans à 2 et 3 classes**

L'interprétation des résultats dépend de la méthode utilisée : plan à 2 ou 3 classes (ICMSF). Avec un plan d'échantillonnage à 2 classes, on définit une valeur m qui présente la limite permet- tant de répartir les échantillons en 2 groupes : les acceptables (valeur m) et les inacceptables (valeur m). Dans ce plan, n est le nombre d'échantillons examinés et c, est le nombre d'échantillons tolérés au-delà de la valeur seuil. La rigueur du plan dépend des valeurs de n et de c. Plus grand est n pour une valeur donnée de c, meilleure sera la qualité des lots acceptés. Quand un micro-organisme donné peut être toléré dans un aliment, on peut définir 3 catégories d'échantillons avec deux valeurs m et M (plan d'échantillonnage à 3 classes) :

- Catégorie 1 (satisfaisant ou acceptable sans réserve) : $N < m$
- Catégorie 2 (acceptable mais réserves) : $m < N < M$
- Catégorie 3 (inacceptable) : $N > M$

Avec ce plan d'échantillonnage à 3 classes, les symboles c ont la même signification mais il existe pour c un facteur de précision supplémentaire (nombre d'échantillons tolérés entre m et M). La présence d'échantillons entre m et M n'est pas souhaitable mais tolérée. Pour les valeurs supérieures à M les lots ne peuvent pas être acceptés pour la commercialisation (sans qu'obligatoirement le produit soit considéré toxique). Ce plan à 3 classes permet de déterminer par des calculs appropriés la probabilité selon laquelle un lot sera accepté ou refusé en fonction du nombre d'échantillons défectueux qu'il contient (**Guiraud, 2012**).

III.6. Analyse physicochimique de quinoa

III.6.1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH) (ISO 11289,1993)

C'est Sørensen, en 1909, qui introduisit la notion de pH la première fois, il est représentant la concentration molaire volumique en ions H^+ dans la solution (**Dupont et al., 1999**).

- **Principe**

C'est une mesure des ions H^+ dans une solution dont le but est de déterminer quantitativement l'acidité ou la basicité de celle-ci, Le pH de la solution obtenue a été mesuré à 25°C directement par un pH-mètre.

- **Mode opératoire**

Préparer une solution à base 20 ml d'eau distillé additionnée à 2g d'échantillon avec une agitation continue jusqu'à bien homogène ;

Etalonner le pH-mètre par les solutions tampon (pH= 7, pH= 4), puis rincer l'électrode avec de l'eau distillé ;

Plonger l'électrode dans la solution préparée et laisser l'appareil se stabiliser, Quand la lecture devient constante, noter la valeur de pH directement affichée sur l'écran de l'instrument.

- **Expression des résultats**

Quand la lecture devient constante, la valeur de pH est affichée directement sur l'écran de l'appareil, les mesures sont exprimées en unités du pH à la température de 25°.



Figure III.9 : détermination le pH de quinoa par pH mètre.

III.6.2. Détermination du teneur en eau selon (JORNA N°08, 2013)

La teneur en eau est la perte de masse, exprimée pourcentage, subie par le produit dans les conditions spécifique.

- **Principe**

Séchage du produit à une température comprise entre (130°C et 133) °C, à pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.

- **Mode opératoire**

Les capsules découvertes et leurs couvercles doivent sécher à l'étuve durant 15 min à 130, puis refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température du laboratoire (entre 30 min et 45 min). Et peser à 0,1 mg près.

Peser rapidement, à 1 mg près, une quantité de substance d'environ 5 g dans la capsule tarée, couvercle compris à 1 mg près ;

Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve et les y laisser pendant 2 heures, entre (130°C et 133) °C ;

Le temps d'étuvage écoulé, retirer rapidement la capsule de l'étuve et la placer rapidement dans le dessiccateur (entre 30 et 45 min). La peser ensuite à 1 mg près.

- **Expression des résultats**

La teneur en eau exprimée en pourcentage en masse du produit qui est donnée par la formule ci-après :

$$W\% = (m_2 - m_1) / (m_1 - m_0) \times 100$$

Où :

W : est la teneur en eau (%) ;

m₀ : est la masse, de la capsule et de son couvercle en (g) ;

m₁ : est la masse, de la prise d'essai avant séchage en (g) ;

m₂ : est la masse, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai après séchage en (g).

III.6.3. Détermination la teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche (MS) il peut calculer a partir la teneur en eau , selon l'équation suivant :

$$MS\% = 100\% - W\%$$

III.6.4. Détermination du taux de cendres selon (ISO 6884, 2008)

Les cendres sont des résidus minéraux incombustibles obtenus après incinération dans les conditions spécifiées.

- **Principe**

Incinération l'échantillon à une température comprise entre 550 °C et 600 °C jusqu'à combustion complète et ce qu'il soit exempt de particules charbonneuses. Ensuite la pesée du résidu obtenu.

- **Mode opératoire**

Chauffer préalablement la capsule d'incinération dans l'étuve à une température 131 °C pendant 1h, puis la laisser refroidir dans un dessiccateur et peser à 0,1 mg près ;

Peser, à 0,1 mg près, dans la capsule, environ 5 g d'échantillon pour essai après bien homogène ;

Le chauffage initial effectué à l'entrée du four, Une fois la combustion terminée, placer la capsule avec son contenu dans le four réglé à une température (550±10) °C, maintenir cette

température pendant 4 h jusqu'à obtenu un résidu exempt de particules charbonneuses, par l'apparition de cendres rouge-brun (en raison de la présence de fer) ou blanches ou gris.

Une fois la combustion terminée, retirer la capsule du four, laissez-la refroidir dans dessiccateur, puis pesez à 0,1 mg près.

- **Expression des résultats**

Le taux de cendres (TC) est donné par l'équation suivante :

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

Où :

TC : taux des cendres (%) ;

M0 : est la masse de la prise d'essai en (g) ;

M1 : est la masse de la capsule vide en (g) ;

M2 : est la masse de la capsule et des cendres en (g).



Figure III.10 : détermination le taux de cendre par four à moufle.

III.6.5. Dosage des lipides par méthode soxhlet (ISO 659, 1998)

La méthode Soxhlet est la référence pour mesurer la matière grasse dans les aliments solides déshydratés, ou c'est une méthode gravimétrique où l'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse extraite à la fin.

- **Principe**

Ce dosage implique la réalisation d'une extraction continue à l'aide d'un appareil nommé Soxhlet en utilisant de l'éther d'éthylque comme solvant (ISO 659 ,1998).

• Mode opératoire

- Sécher le ballon de 500 ml à l'étuve à 105°C/1h ;
- Refroidir le ballon dans un dessiccateur pendant 30 min ;
- Peser le ballon à la précision 0.001g ;
- Peser précisément 5 g de l'échantillon broyé et place dans une cartouche propre ;
- Placer la cartouche avec son contenu dans l'extracteur, en veillant à ce que le bord supérieur soit au-dessus du niveau du siphon ;
- Introduire 160 ml d'éther de pétrole dans le ballon à col rodé préalablement taré ;
- Installer l'extracteur sur le ballon et le positionner en dessous du réfrigérant ;
- Circuler l'eau dans les réfrigérants et allumer les plaques ;
- Après 6h d'extraction, arrêter l'ébullition lorsque le niveau de l'éther condensé dans l'extracteur est légèrement en dessous du niveau du siphon ;
- Après, éliminer le solvant du ballon par rotavapeur ;
- Sécher le résidu de ballon r dans l'étuve à 105°C ;
- Peser le ballon après refroidissement dans un dessiccateur

• Expression des résultats

Le pourcentage d'extrait étheré est ainsi obtenu comme suit :

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

Ou :

P1 : poids du ballon vide en (g)

P2 : poids du ballon après séchage à l'étuve 105°C en (g)

PE : prise d'essai en (g).

%MG : la matière grasse en (%)

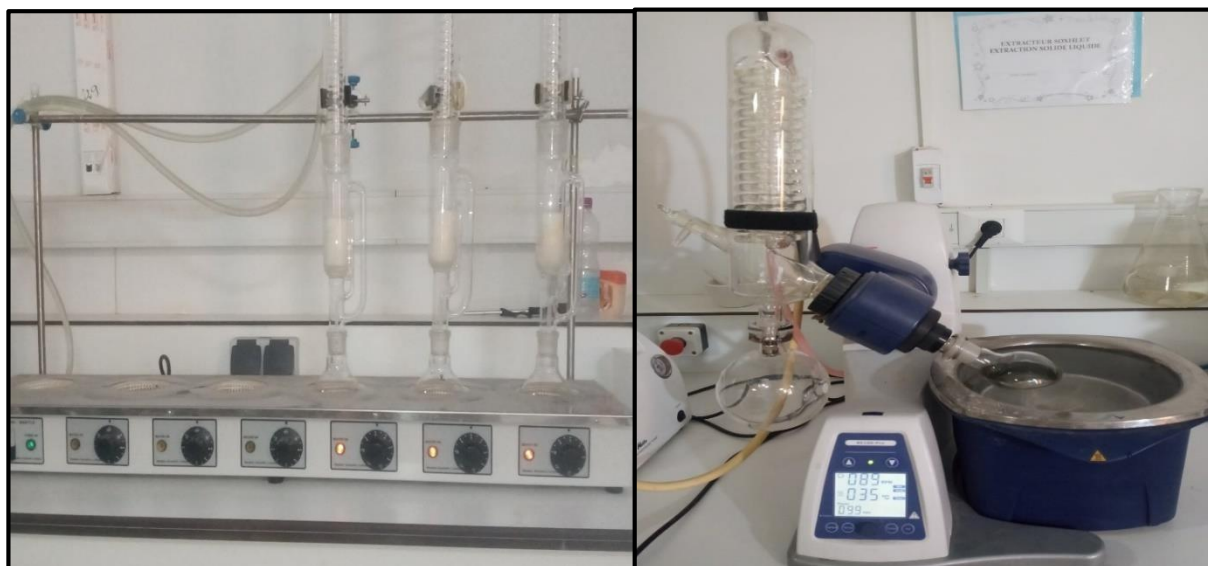


Figure III.11 : dosage de lipide de quinoa par l'appareil soxhlet.

III.6.6. Dosage des protéines par la méthode Kjeldahl (ISO 20483,2013)

C'est une méthode de référence utilisée pour la détermination des protéines dans les aliments.

- **Principe**

Minéralisation d'une prise d'essai par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, alcalinisation des produits de la réaction, distillation et récupération de l'ammoniac libéré dans une solution d'acide borique, qui est titré par une solution d'acide sulfurique afin de déterminer la teneur en azote et de calculer la teneur en protéines brutes.

- **Mode opératoire**

Minéralisation : Introduire dans le tube de minéralisation 5g de farine de quinoa, ajouter ensuite 6 g de sulfate de potassium, 0,5g de sulfate de cuivre et terminer par l'ajout de 20 ml d'acide sulfurique.

Mélanger soigneusement et placer le tube dans le bloc de minéralisation préchauffé à $(420 \pm 10) ^\circ\text{C}$, après un minimum de 2 h de minéralisation, laissé refroidir.

Distillation : Dans le tube refroidi, ajouter avec précaution 50 ml d'eau et laisser refroidir. Introduire dans le flacon collecteur 20 ml d'acide borique et, avec 4 gouttes Rouge de méthyle.

Ajouter un excédent de 50 ml de la solution d'hydroxyde de sodium nécessaire pour neutraliser la quantité d'acide sulfurique mise en œuvre. Procéder ensuite à la distillation.

Titrage : Effectuer le titrage à l'aide de la solution d'acide sulfurique en fin de distillation sur l'ensemble du distillat jusqu'à l'apparition de couleur jaune.

- Expression des résultats

La teneur en azote totale est déterminée par la formule suivante :

$$N\% = (V1 - V0) \times T \times 14.007 / P$$

Ou :

N : teneur en azote totale en (%) ;

V0 : est le volume, de l'acide standard utilisé pour capter l'ammoniac en (ml) ;

V1 : est le volume, de la solution d'acide sulfurique nécessaire pour la prise d'essai;

T : normalité de la solution d'acide sulfurique utilisée lors du titrage en (ml) ;

14.007 : masse molaire de l'azote en (g/mol) ;

P : poids de l'échantillon en (g).

La teneur en protéine (P%) ensuite calculer par la formule suivante :

$$(P\%) = (N\%) \times 6,25$$

Ou :

P : la teneur en protéine en (%) ;

N : la teneur en azote en (%) ;

6,25 : facteur de conversion utilisée pour les céréales.

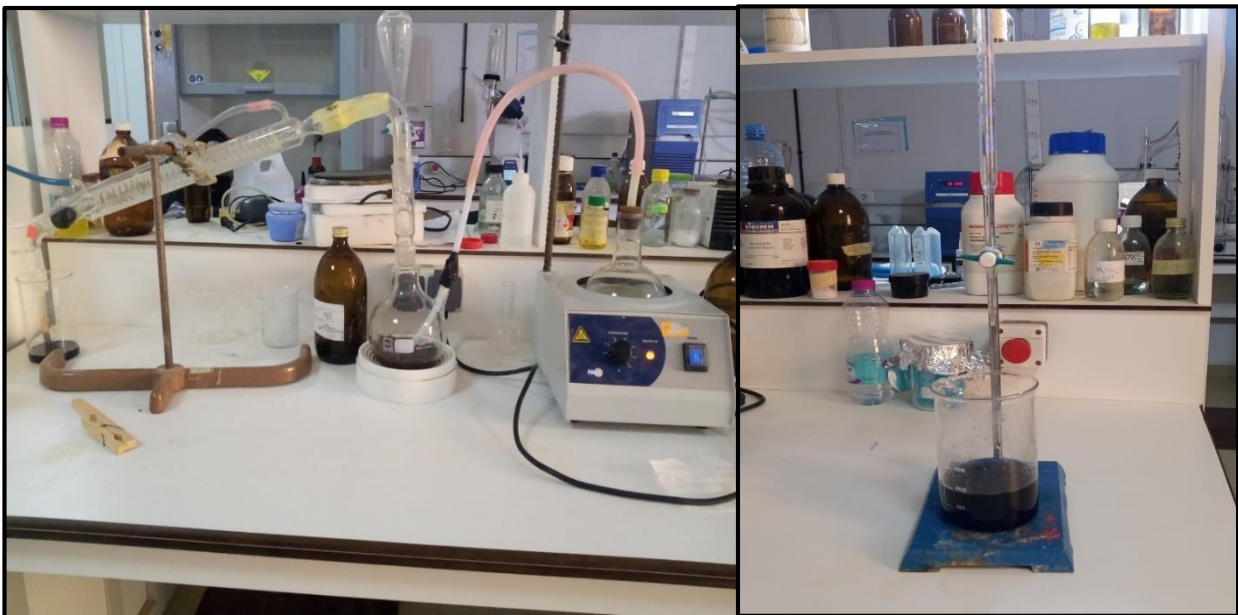


Figure III. 12 : dosage de protéine par la méthode kdjaldhel.

III.7. Les analyses physicochimiques de yaourt

III.7.1. Détermination le pH :

Le même principe et la méthode étaient auparavant appliqués pour mesurer le pH de la farine de quinoa. La seule différence est que n'est pas ajoutée l'eau distillé, la mesure est effectuée directement à l'aide d'une électrode de pH mètre maigre dans le yaourt.



Figure III.13 : détermination le pH de yaourt par pH mètre.

III.7.2. Détermination l'acidité titrable : (ISO 11869, 2012)

L'acidité titrable des laits fermentés : quantité, en millilitres, de solution d'hydroxyde de sodium à 0, 1 mol/l nécessaire pour titrer 10 g de produit.

- **Principe**

L'échantillon est titrée avec une solution d'hydroxyde de sodium ($(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/l}$) en présence d'indicateur coloré, jusqu'à changement de couleur. L'acidité titrable est calculée, et elle est exprimée en degré dornic ($^{\circ}\text{D}$).

- **Mode opératoire**

Après avoir bien mélangé le yaourt, on prélève 10 ml avec une pipette graduée et on le place dans un bécher, ensuite, quelques gouttes de phénolphaléine sont ajoutées. Titrer le contenu du bécher sous agitation avec la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à virage de couleur à rose. A la fin noter le volume de NaOH versé lors la titration.

- **Expression des résultats**

Calculer l'acidité titrable (AT), à l'aide de l'équation suivante :

$$AT = V \times 10 \text{ } ^\circ\text{D}$$

Ou :

AT : acidité titrable

V : volume de NaOH en ml de titration

1°D = 0,1g d'acide lactique.

L'acidité est exprimé en degré Dornic ($^\circ\text{D}$) qui correspond à 0.01% (ou 0.1g/l) d'acide lactique par litre de lait, le yaourt présente une acidité à des valeurs voisines de 100°D (Benhamouda et Kaddour, 2023).



Figure III.14 : mesure l'acidité titrable de yaourt

III.7.3. Détermination de l'extrait sec total (EST) : (ISO 13580, 2005)

Teneur de l'extrait sec totale : fraction massique de substances restant après l'achèvement du processus de chauffage spécifié. Est exprimé en pourcentage massique.

- **Principe**

L'eau d'une prise d'essai est évaporée à l'aide d'un dessiccateur infrarouge.

- **Mode opératoire**

On place une coupelle en aluminium sur la balance à l'intérieur de la chambre chaude du dessiccateur électronique, puis on tare la balance. Ensuite, on dépose 5g de l'échantillon à

analyser sur la coupelle et on lance l'analyse en appuyant sur la touche START de l'appareil, qui s'arrêtera automatiquement à la fin de l'analyse.

- **Expression des résultats**

Une fois l'appareil terminé l'analyse, le résultat est enregistré sur l'écran de l'appareil.

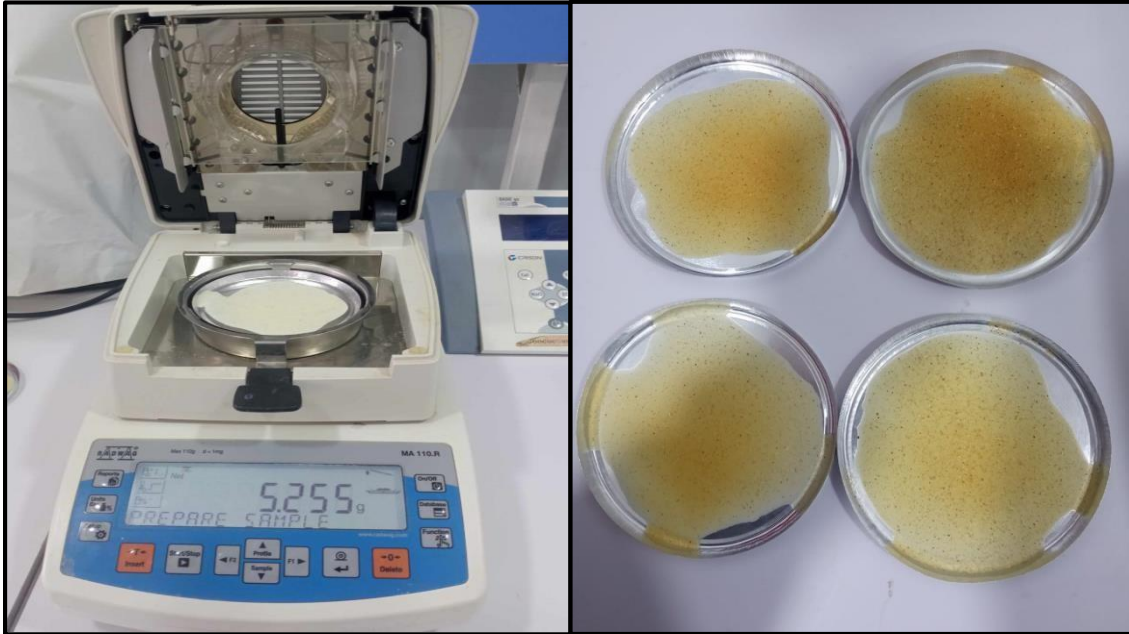


Figure III.15 : détermination(EST) de yaourt par dissicateur infra-rouge.

III.7.4. Détermination la teneur en matière grasse (MG) : (ISO 19662, 2018)

La méthode acidobutyrométrique Gerber est de technique conventionnelle et largement pratiquée dans l'ensemble des laboratoires laitiers pour le dosage en routine, de la matière grasse.

- **Principe**

Dissolution des protéines par ajout d'acide sulfurique, puis séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre. La séparation est facilitée par l'ajout d'alcool amylique. La détermination de la teneur en matière grasse par lecture directe Sur l'échelle du butyromètre

- **Mode opératoire**

À l'aide d'une pipette graduée introduire 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre sans mouiller le col.

Ensuite agiter bien la bouteille de yaourt et Prélever immédiatement à l'aide d'une pipette 11 ml et le verser dans le butyromètre de manière à former une couche au-dessus de l'acide.

Après à l'aide d'une pipette graduée mesurer 1 ml d'alcool amylique et l'introduire dans le butyromètre sans mouiller le col de ce dernier, ni mélanger les liquides.

Boucher solidement le butyromètre, et Agiter jusqu'à ce que les protéines soient complètement dissoutes (absence de particules blanches), puis le retourner.

Centrifuger à température ambiante immédiatement après agitation pendant 5 min, dès que la vitesse de rotation requise est atteinte

Retirer le butyromètre de la centrifugeuse, en ajustant le bouchon si nécessaire, de façon à amener la colonne de matière grasse au niveau de l'échelle.

Placer le butyromètre, bouchon dirigé vers le bas, dans un bain d'eau à $65\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant 10 min. Le niveau d'eau doit être au-dessus du sommet de la colonne de matière grasse.

Enlever le butyromètre du bain d'eau, le bouchon étant toujours dirigé vers le bas, et ajuster soigneusement le bouchon en le tirant pour amener l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse, devant le repère le plus proche, de préférence un trait de graduation principale.

- **Expression des résultats**

La teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage massique et déterminée par l'équation suivante :

$$\text{MG}\% = B - A$$

Où :

MG : matière grasse en %

A : est la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse en %

B : est la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de matière grasse en %

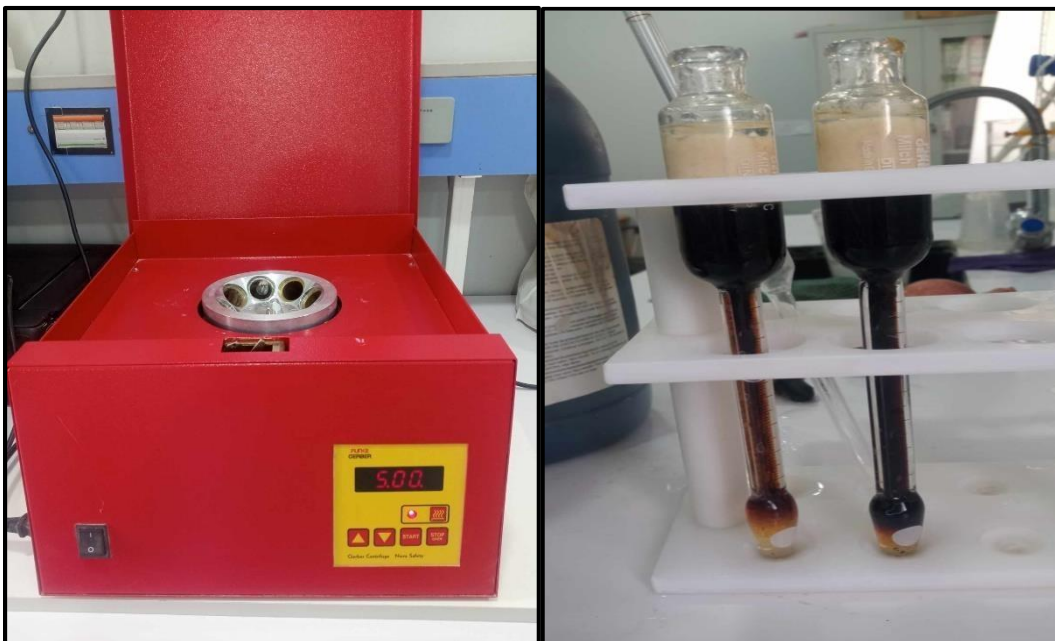


Figure III.16 : mesure la teneur de MG de yaourt par acidobutyrométrie Gerber.

III.7.5. Détermination la teneur en protéine par la méthode Bradford :

La méthode de liaison des protéines au bleu de Coomassie ou méthode de Bradford a été introduite pour la première fois par Marion M. Bradford en 1976, Ce procédé consiste à mettre en contact un colorant appelé bleu de Coomassie (Coomassie Brilliant Blue G-250) avec l'échantillon de protéines à doser (**Fumed, 2019**).

• Principe

La méthode de dosage de la teneur totale en protéines est basée sur la capacité de fixation aux protéines du colorant Coomassie bleu brillant G-250, cependant que son maximum d'absorption se déplace de 465 nm à 595 nm. L'absorption de l'échantillon à 595 nm sert d'unité de mesure pour la concentration en protéines. Le colorant possède une affinité pour les acides aminés basiques et aromatiques (**Merck, 2020**). Le colorant est lié surtout aux résidus arginine, tryptophane, tyrosine, histidine, et phénylalanine des protéines. Ce complexe colorant-protéine est quantifiable au spectrophotomètre à 595nm (**Chaouana, 2017**).

• Mode opératoire

Détermination des protéines selon la méthode Bradford (**Bradford, 1976**) :

- pour dosage ,200µl de l'échantillon ou de l'étalon introduire dans un tube à essai puis ajouté 2ml de bleu coomassie et mélangé pendant 30s ;

Après 15min de réaction à température ambiante ←l'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde 595nm ;

- La teneur en protéines solubles est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage (0,1 à 0,5%) ← obtenue à partir d'une solution de sérum albumine bovine (BSA).

La courbe d'étalonnage de protéine de yaourt fabriqué citée dans l'annexe.



Figure III. 17 : dosage de protéine de yaourt par méthode Bradford.

III.8. Analyses sensorielle

L'analyse sensorielle ou évaluation sensorielle représente l'ensemble des méthodes, des outils et des instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. Elle permet de décrire et de quantifier de manière systématique l'ensemble des perceptions humaines. La tâche essentielle de l'analyse sensorielle est maintenant d'aider à traduire les désirs et préférences des consommateurs en des propriétés tangibles et bien définies d'un produit donnés (**Lefebvre et Bassereau, 2003**).

III.8.1. Protocole d'échantillonnage :

Le choix des produits est fondamental, surtout pour des comparaisons. IL convient :

- D'être rigoureux pour avoir des produits de même âge (vérification des dates de péremption, d'achat sur produits frais) ;
- D'identifier ensuite de façon précise chaque lot avec nom, fournisseur, dates, lieu d'achat ;
- D'homogénéiser le lot pour qu'il soit représentatif, avec analyses au besoin ;
- D'avoir la même température partout ;
- De numéroter avec 3 chiffres au hasard (génération automatique en informatique) ;
- Il faut choisir les contenants à échantillons en fonction de la taille et des caractéristiques de l'échantillon ;
- L'échantillon ne constitue pas une menace pour les dégustateurs ;

- Les échantillons devant servir à des comparaisons sensorielles devraient tous être préparés avec la même méthode pour éliminer les possibilités des effets de la préparation ;
- Tous les outils destinés à la préparation des échantillons doivent être fabriqués dans un matériau qui ne transfère pas les odeurs et les saveurs des aliments préparés (**Branger, et al., 2007**).

III.8.2. Recommandation et condition de jury d'analyse sensorielle

Les personnes impliquées dans les analyses sensorielles doivent être en bonne santé ;

- Il est également exigé que toute personne ayant prendre un médicament ou ayant consommé un plat très assaisonné le jour de l'analyse soit tenue de refuser ;
- Avant les tests, vous ne devez pas fumer ni boire de café ;
- Ne parlez pas pendant les tests ;
- La bouche doit être rincée avant et après chaque d'échantillon de dégustation pendant cinq secondes (**Watts et al., 1991**).

III.9. Analyses statistique

Les fiches de dégustation présentent l'analyse des données, et les catégories ont été converties en notes numériques après avoir été converties en colonnes graphiques, ainsi que les résultats obtenus pour chaque échantillon, qui ont été analysés pour obtenir la moyenne et l'écart type, tous ca par utilisée le programme (Microsoft Excel).

C

HAPITRE

IV

Résultat et discussion

IV.1. Résultats d'analyses microbiologiques du yaourt fabriqué

Les analyses microbiologiques de yaourt à boire fabriqué sont représentées dans le tableau :

Tableau IV.6 : représente l'ensemble des résultats des analyses microbiologiques de yaourt fabriqué (T : témoin sans ajout de farine de quinoa, FQSF : farine de quinoa séché ou four incorporé à concentration 10,20 et 40g).

Germes recherchés	Nombre retenu de germe Dans les échantillons			Limite microbiologique (UFC/ml)	
	T	FQSF (10g)	FQSF (20g)	FQSF (40g)	m M
<i>Entérobacteriaceae</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	10 10 ²
<i>Staphylocoques+</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	10 10 ²
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25 g
<i>Anaérobie sulfito-réducteur</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ² 10 ³

[**T** : témoin, yaourt sans incorporer la farine de quinoa, **FQSF** : farine de quinoa séché ou four ; **m** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante ; **M** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond la valeur au-dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable ; **Abs** : absence].

Les résultats de les analyses microbiologiques obtenus pour tous les échantillons de yaourt préparé, qu'ils contiennent ou non de la farine de quinoa, sont extrêmement satisfaisants, ce qui garantit la sécurité du produit pour la consommation d'un point de vue microbiologique, selon le (**JORA N°39N ,2017**).

Ce résultat découle du strict respect des normes d'hygiène tout au long du processus de fabrication, notamment le lavage des mains, la stérilisation des zones de production, et la bonne désinfection de tous les équipements utilisés. De plus, le lavage minutieux du quinoa avant son ajout, ainsi que le traitement thermique du lait (pasteurisation) jouent un rôle crucial dans l'élimination des bactéries potentiellement nocives. En outre, l'acidité naturelle du yaourt crée un environnement peu propice au développement de nombreux micro-organismes indésirables, contribuant ainsi à la sécurité microbiologique du produit.

IV.2. Résultats d'analyses physicochimiques du quinoa

Le but des analyses physicochimiques est déterminé la stabilité et la consistance d'un produit pour garantie de conserver ses caractéristiques nutritionnelles, et organoleptiques.

Les valeurs d'analyses physicochimiques de quinoa sont résumées dans le tableau

Tableau IV.7 : valeurs d'analyses physicochimiques de quinoa

Analyse	pH	Teneur en eau%	Teneur en MS%	Teneur en cendre%	Teneur en lipide%	Teneur en protéine%
Echantillon (quinoa)	5.85 ±0.018	6.18 ±0.10	93.81 0.10±	2 ±0.00	3.35 ±0.43	14.32 ±0.96

(MS : matière sèche)

IV.2.1. Mesure le pH

La valeur du pH de farine de quinoa est 5.85 qui est se situe dans la plage normale de pH du quinoa (6-7), mais avec une faible acidité, ce qui pourrait être dû au traitement thermique auquel il a été soumis, qui a entraîné une réduction de la teneur en eau , donc affectant la matière solide, y compris les acides et les sels, ou il est possible que cela entraîne des modifications dans certaines des réactions chimiques internes du quinoa, telles que la réaction des acides aminés ou des amidons, qui peuvent affecter l'acidité.

IV.2.2. Mesure de teneur en eau (%)

La teneur en eau de la farine de quinoa est 6.18 % , la valeur indique que la farine de quinoa contient un faible taux d'humidité, en plus du processus de séchage au four qu'elle a subi, qui a permis de réduire davantage le taux d'humidité, ce qui indique qu'il peut être stocké pendant une longue période, car le faible taux d'humidité ralentit certaines réactions de décomposition microbienne et activités biochimiques, ce qui améliore sa conservation et son stockage (**Lozach, 2001**).

IV.2.3. Mesure de teneur en matière sèche (%)

La valeur obtenue après calculé du taux de matière sèche dans la farine de quinoa indique la quantité des matières solides importantes qu'il contient, telles que les protéines, les fibres, minéraux en font un aliment riche en éléments nutritionnels.

IV.2.4. Mesure de teneur en cendre (%)

Le résultat de la mesure de la teneur en cendres de la farine de quinoa est 2%, ce qui indique qu'elle est riche en minéraux. Les graines de quinoa sont très riches en micronutriments tels que les minéraux, avec une teneur en cendres de 2,3 %, ce qui est supérieur à la plupart des céréales comme le blé (1,78 %), le riz (1,53 %), le maïs (1,20 %) et son homologue l'orge (2,29 %). La teneur totale en minéraux (cendres) du quinoa est fortement influencée par les conditions environnementales au cours du développement des graines, notamment par la disponibilité des minéraux du sol (**Kourdache et Ouchiha, 2017**).

IV.2.5. Mesure de teneur en lipide (%)

La valeur de la teneur en matières grasses obtenue dans la farine de quinoa est 3.35%, ce qui en fait un bon choix pour les religieux qui recherchent des graisses saines pour leur alimentation. La teneur en matières grasses des graines de quinoa peut varier en moyenne de 6 %, selon les variétés, ou les méthodes de mesure utilisées (**Ledra, 2020**).

IV.2.6. Mesure de teneur en protéine (%)

Le résultat obtenu en mesurant la teneur en protéines de la farine de quinoa est de 14,32%. Ce résultat indique que la valeur protéique de la farine de quinoa est élevée. On sait que le quinoa contient tous les acides aminés essentiels, ce qui en fait une source complète de protéines. Ceci est considéré comme une chose rare dans les aliments végétaux, ce qui en fait un bon choix pour les végétariens, alors que le pourcentage de protéines dans le quinoa est élevé et atteint : 14 à 21% contre 7 à 12% dans la plupart des autres céréales (blé, riz, maïs, orge... etc.)(**Bhargava et al ., 2006**).

IV.3. Résultats d'analyses physicochimiques du yaourt fabriqué

Les résultats d'analyses physicochimiques de yaourt fabriqué sont représentés dans le tableau :

Tableau IV.8 : résultats d'analyses physicochimies de yaourt fabriqué

Echantillon	E1 Témoin	E2 10gQSF	E3 20gQSF	E4 40gQSF
pH	4.42 0.004±	4.43 ±0.004	4.45 ±0.005	4.49 ±0.004
Acidité titrable (D°)	65 D° 0.047±	67 D° 0.047±	69 D° 0.047±	70 D° 0.047±
Teneur en MG%	1.5 0.047±	1.1 0.082±	0.5 0.094±	0.2 0.047±
Teneur en EST%	14.73 0.023±	16.03 0.024±	19.01 0.008±	21.54 0.030±
Protéine %	3.03	5.70	6.82	8.15

[QFS : quinoa séché à four, MG : matière grasse, EST : extrait sec totale].

IV.3.1. Mesure le pH

Les valeurs obtenues à partir de la mesure du pH du yaourt préparé semblent être des valeurs conformes aux normes selon (NA 15042).

On remarque que dans le yaourt témoin (sans addition de quinoa) la valeur du pH était (4.42), qui représentent l'acidité naturelle du yaourt, tandis que dans les autres échantillons (avec l'addition de quinoa), on remarque une légère augmentation du taux de pH à chaque fois que la concentration de quinoa est augmentée. Peut s'expliquer par l'ajout de quinoa avec un pH (5.85), considéré comme faible en acidité, au yaourt, cela peut réduire l'acidité globale du mélange.

IV.3.2. Mesure de l'acidité titrable (D°)

Les résultats de la mesure de l'acidité du yaourt préparé sont des résultats conformes aux normes (JORA N° 58 ,2015), et il y a une augmentation notable de l'acidité une fois la concentration de quinoa augmentée. Cette augmentation indique que l'acidité du yaourt est affectée par l'augmentation de la concentration en quinoa. Le quinoa, et cela peut être interprété comme mentionné dans l'interprétation de la mesure du pH précédemment.

IV.3.3. Mesure de teneur en matière grasse (%)

Les résultats de mesure du taux de matière grasse dans le yaourt préparé montrent que le taux de matière grasse dans le yaourt témoin sans ajout de quinoa (1.5%) était conforme aux normes (0.3-3%) (JORA N°86 ,1998), contrairement au yaourt auquel le quinoa a été ajouté à

des concentrations différentes. On constate qu'à mesure que la concentration de quinoa augmente, le taux de matière grasse diminue progressivement dans le yaourt. Cette diminution peut s'expliquer par la présence de facteurs (enzymes) qui travaillent à dégrader le corps gras du yaourt, ou qui. Cette méthode de référence recommandée pour la mesure de la matière grasse (Gerber) est limitée ou spécifique à la seule mesure de la teneur en matières grasses du lait et de ses dérivés.

IV.3.4. Mesure de teneur en extrait sec totale (%)

Les valeurs obtenues de mesure le extrait sec totale de yaourt préparé montrent que dans le yaourt témoin (sans addition de quinoa) il était (14,73%) et ont observé , plus que la concentration de quinoa augmente, plus que le taux de l' extrait sec totale augmente due à deux choses, c'est que le quinoa est très riche en matières sèches et par de la traitement thermique qui a réduit le taux d'humidité , provoquant une augmentation du taux de l' extrait sec totale dans chacun de yaourt du été ajouté le quinoa.

IV.3.5. Mesure de teneur en protéine (%)

Les résultats de la mesure du niveau de protéines dans le yaourt préparé ont montré que plus la concentration de quinoa ajouté est élevée, plus le niveau de protéines est élevé (une relation directe) à cause les grains de quinoa contiennent un niveau élevé de protéines de haute qualité avec une abondance de protéines éléments essentiels des acides aminés essentiels (Srivastava, 2020).

IV.4. Résultats d'analyses sensorielles

Les analyses sensorielles qui ont été effectuées lors de l'évaluation des 04 échantillons de yaourts préparé consistaient en deux tests, le test de dégustation, qui à son tour se compose de 05 caractères concernant la couleur, l'odeur, le goût, la texture et l'arrière goût, et test hédonique, les échantillons été examinés par 30 participants et exiger d'eux de donnant le terme approprié pour chaque sensation. Les résultats d'évaluation sont représentés en pourcentages ci-dessous.

IV.4.1. Couleur

Les résultats obtenus en évaluant la couleur des échantillons de yaourt en pourcentage sont présentés dans la figure (IV.18) :

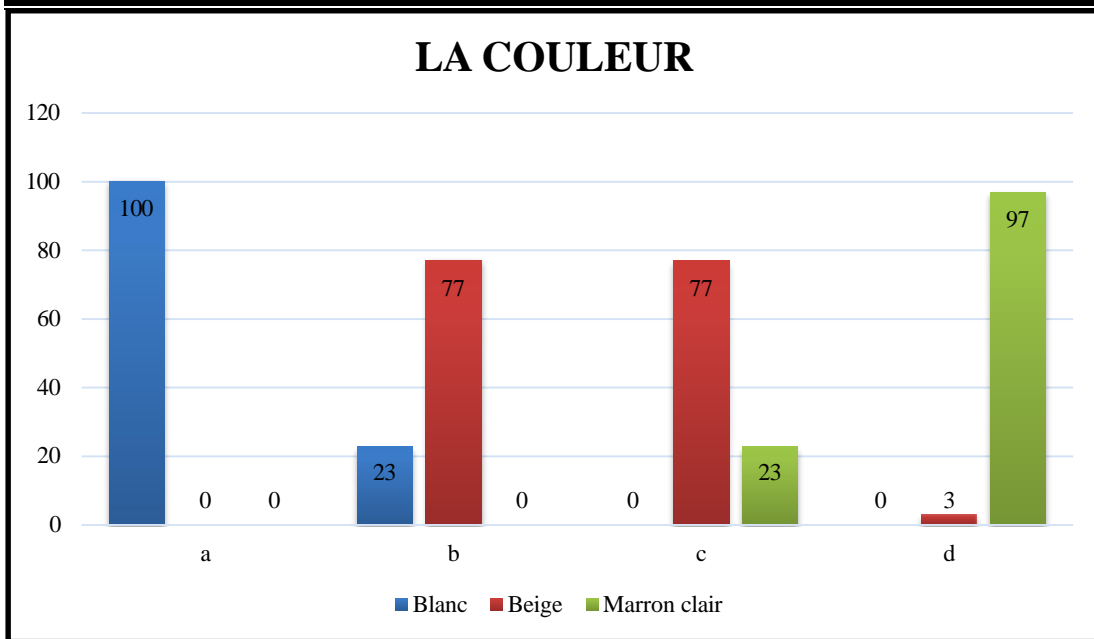


Figure IV.18 : Evaluation de la couleur des échantillons de yaourt (%)

La figure (IV.18) montre que les deux couleurs dominantes sont le blanc et le marron clair. Le blanc était la couleur dominante dans l'échantillon (EA), et cela est dû au fait qu'il ne contient pas de farine de quinoa (0% FQSF). Quant à l'échantillon (ED), la couleur marron clair est dominante, et c'est parce qu'il contient (40% FQSF), suivie de la couleur beige est équivalente dans les deux échantillons (EB et EC), et c'est parce qu'ils contiennent un pourcentage plus faible de farine de quinoa (10 et 20% FQSF). En conclusion, l'incorporation de farine de quinoa modifie la couleur du yaourt, passant du blanc à des teintes plus foncées comme le beige et le marron clair en fonction de la concentration de quinoa ajoutée.

IV.4.2. Odeur

Les résultats obtenus en évaluant l'intensité de l'odeur des échantillons de yaourt en pourcentage sont présentés dans la figure (IV.19) :

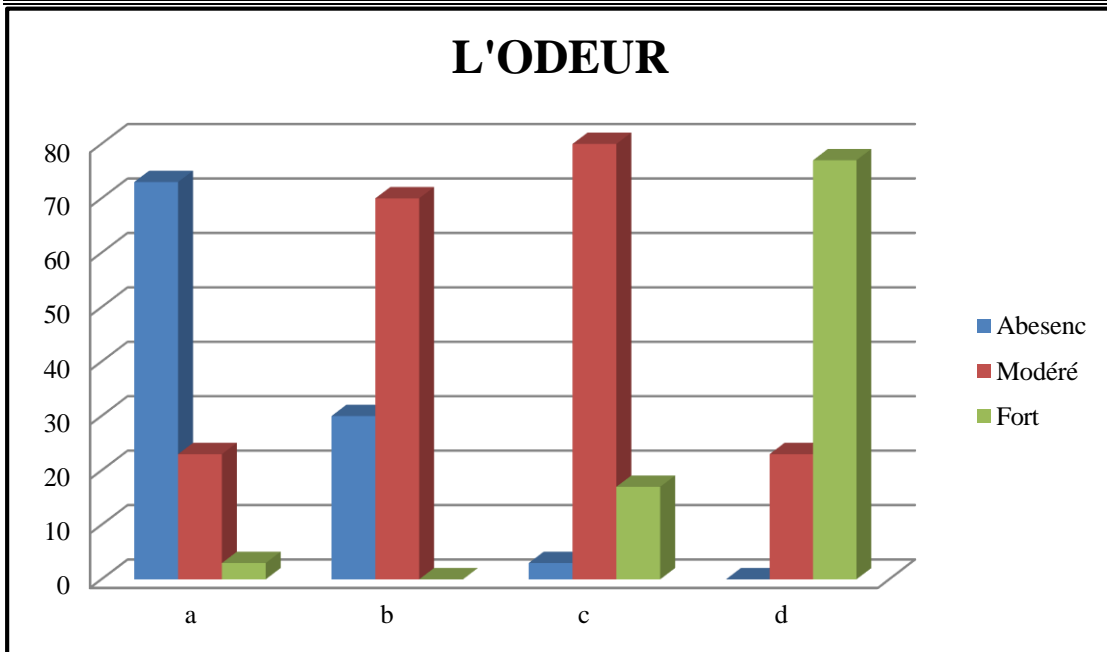


Figure IV.19 : Intensité de l'odeur de quinoa dans les échantillons de yaourt (%)

Les résultats présentés sur la figure (19) montrent que l'intensité de l'odeur est inexistante dans l'échantillon (EA 0% FQSF) et modérée dans les deux échantillons (EB 10 FQSF et EC 20% FQSF). Quant à l'échantillon (ED 40%FQSF), il y a une forte odeur. Les différences d'intensité de l'odeur s'expliquent par la quantité de farine de quinoa séchée au four ajoutée à chaque échantillon de yaourt.

IV.4.3. Gout

Les résultats obtenus en évaluant le gout des échantillons de yaourt en pourcentage sont présentés dans la figure (20) :

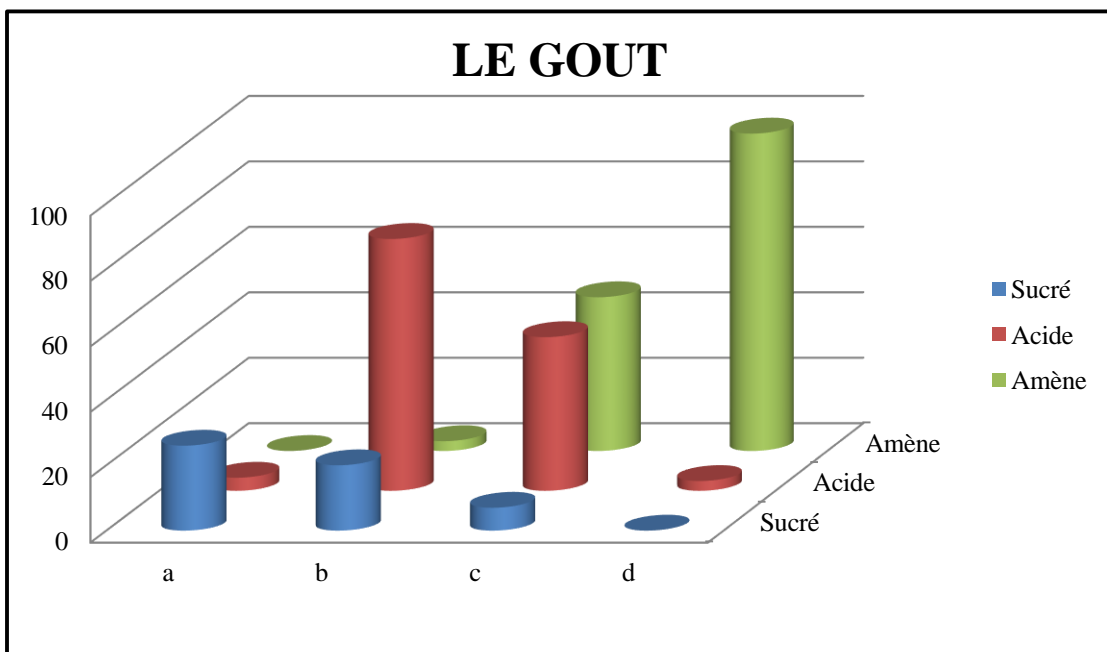


Figure IV. 20 : Evaluation le gout des échantillons de yaourt (%)

La figure (IV.20) montre les résultats de goût des échantillons de yaourt, où le goût sucré était le plus noté dans l'échantillon (EA 0% FQSF), avec un taux considéré dans l'échantillon (EB 10% FQSF) et un très faible dans l'échantillon (EC 20% FQSF). Quant au goût acide, il était dans un pourcentage modéré dans les deux échantillons, (EB 10% FQSF et EC 20%FQSF) avec taux légèrement élève dans l'échantillon (EB 10%FQSF). Quant, le goût amer était dominant à l'échantillon (ED 40%FQSF), suivi par l'échantillon (EC 20% FQSF), et dans un faible pourcentage en échantillons (EA 0%FQSF et EB 10% FQSF). Car il contient le plus grand pourcentage de farine de quinoa séchée au four. Comme on le sait du quinoa, il se caractérise par son amertume, car il contient des saponines. Donc l'ajout de farine de quinoa au yaourt influence significativement son profil de goût. Le goût sucré diminue avec l'augmentation de la concentration de quinoa, tandis que le goût acide est modéré dans les échantillons intermédiaires. Le goût amer est plus marqué dans les échantillons avec une plus grande proportion de farine de quinoa, attribuable aux saponines présentes dans le quinoa, connues pour leur amertume.

IV.4.4. Texture

Les résultats obtenus en évaluant la texture des échantillons de yaourt en pourcentage sont présentés dans la figure (IV.21) :

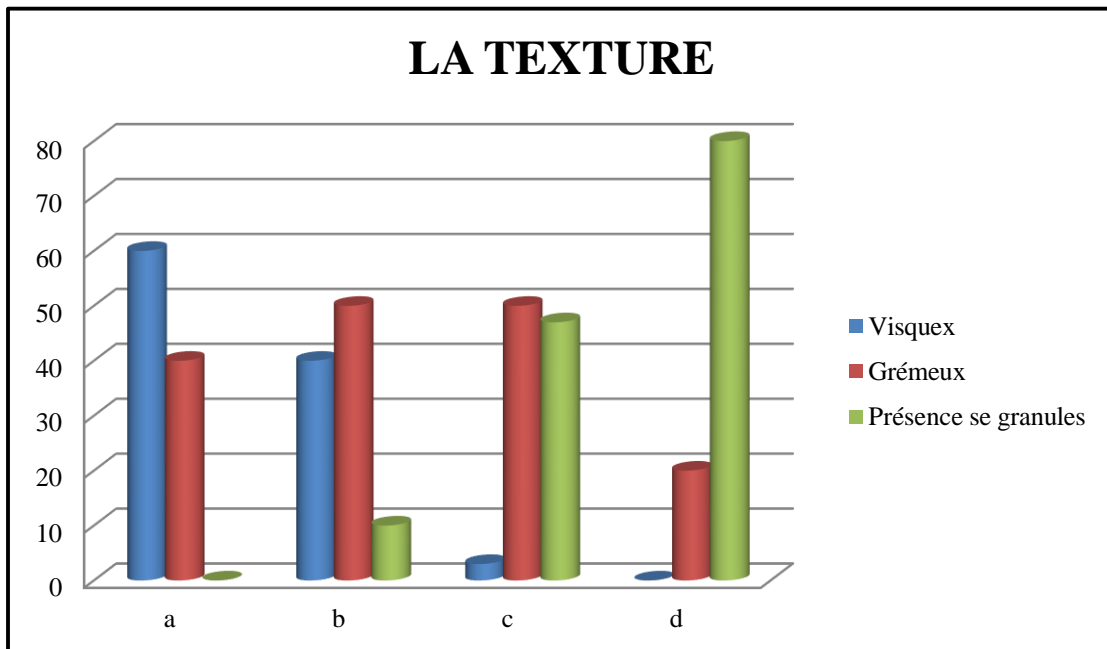


Figure IV.21 : Evaluation le texture des échantillons de yaourt (%)

Quant aux résultats de texture, comme le montre la figure (IV.21) à la texture crémeux était la plus observé dans chacun des échantillons (EA 0% FQSF, EB 10% FQSF, EC 20% FQSF et ED 40% FQSF), suivie par la texture visqueux qui prédominait dans les échantillons (EA 0% FQSF et EB 10% FQSF), et dans un faible pourcentage dans l'échantillon (EC 20%

FQSF). Quant à la texture de la présence de granules, elle était plus visible dans l'échantillon (ED 40% FQSF), suivi de (EC 20% FQSF), et moins visible dans échantillon (EB 10% FQSF). Car, ils contiennent des proportions différentes et variables de farine de quinoa séchée au four. En conclusion, l'incorporation de farine de quinoa affecte la texture du yaourt, mais la texture crémeuse reste dominante dans tous les échantillons. La texture visqueuse est plus marquée dans les échantillons sans ou avec une faible concentration de farine de quinoa, tandis que la présence de granules est plus notable à mesure que la concentration de quinoa augmente.

IV.4.5. Arrière –gout

Les résultats obtenus en évaluant l'arrière- gout des échantillons de yaourt en pourcentage sont présentés dans la figure (IV.22) :

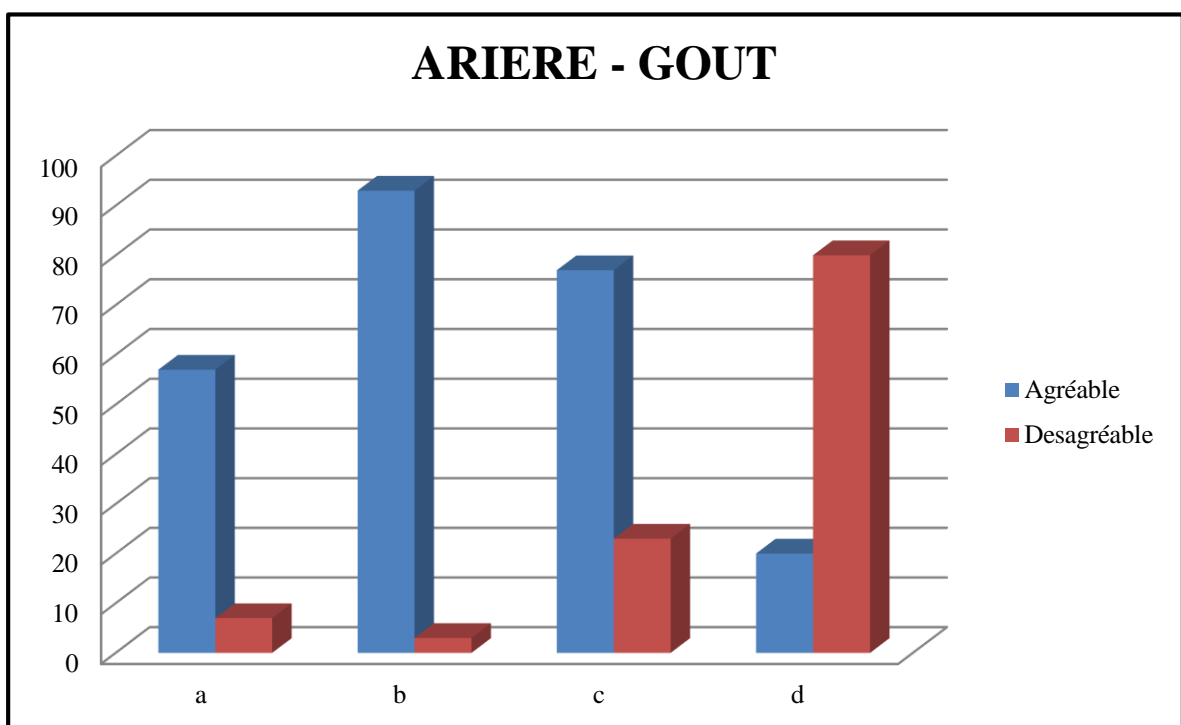


Figure IV.22 : Evaluation l'arrière-gout des différents échantillons de yaourt (%)

les résultats obtenus de l'arrière-gout des différents échantillons de yaourt montré que les échantillons (a 0 % FQSF, b 10 %FQSF et, c 20% FQSF) sont les plus agréables, et l'échantillon (d 40% FQSF) sont le plus désagréable. En conclusion, même si le lavage du quinoa a été efficace pour réduire l'amertume dans les échantillons EA, EB et EC, l'ajout d'une grande quantité de farine de quinoa dans l'échantillon ED a conduit à un arrière-goût désagréable. Cela souligne l'importance de la concentration et du traitement du quinoa dans la formulation du yaourt pour maintenir une expérience sensorielle positive pour les consommateurs.

IV.4.6. La préférence

Les résultats obtenus de l'évaluation la préférence des différents échantillons de yaourt en pourcentage dans la figure (IV.23) :

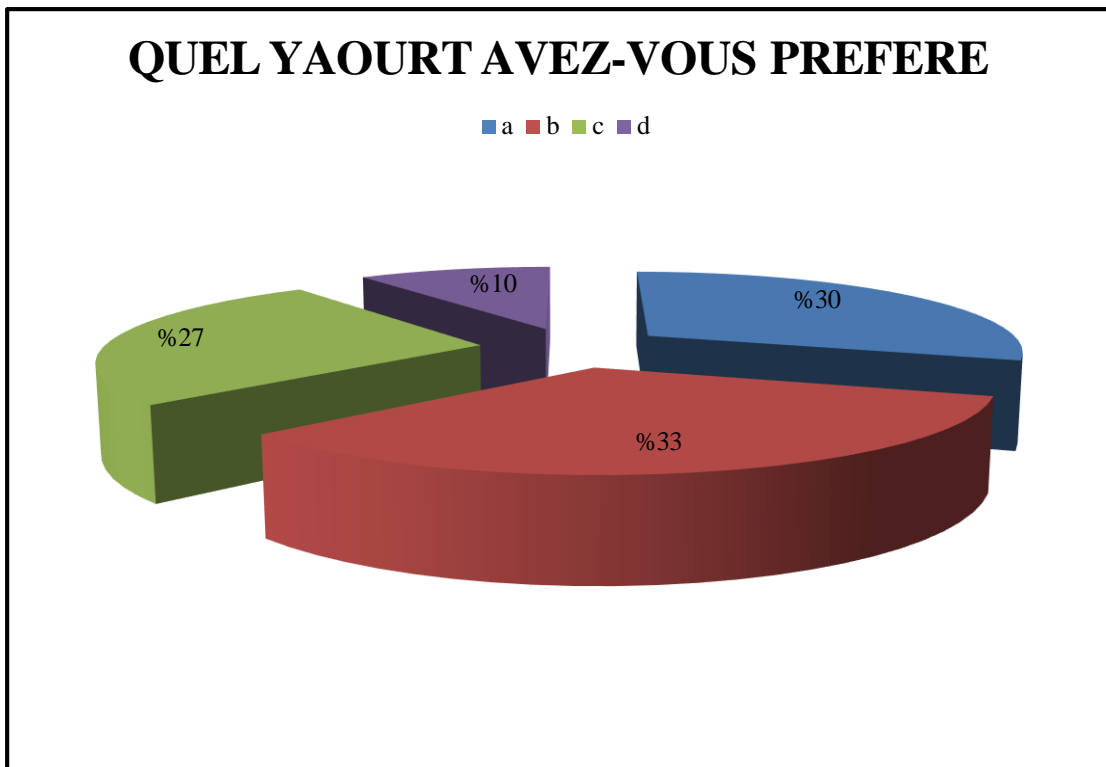


Figure IV.23 : Evaluation la préférence des différents échantillons de yaourt (%)

Les résultats de préférence pour les différents échantillons de yaourt montrent que l'échantillon préféré par les maîtres est (b 10% FQSF) avec un pourcentage de (33%) suivi de l'échantillon (a 0%FQSF)avec un pourcentage de (30%) puis de l'échantillon (c 20% FQSF) avec un pourcentage de (27%) et enfin de l'échantillon (d 40% FQSF), lequel a été le moins préféré avec un pourcentage de (10%). Ces résultats indiquent que les participants ont préféré les échantillons avec des concentrations plus faibles de farine de quinoa, soit sans ajout de quinoa (EA), soit avec une faible concentration (EB et EC).

IV.4.7. L'acceptabilité

Les résultats obtenus de l'évaluation l'acceptabilité des différents échantillons de yaourt en pourcentage dans la figure (IV.24) :

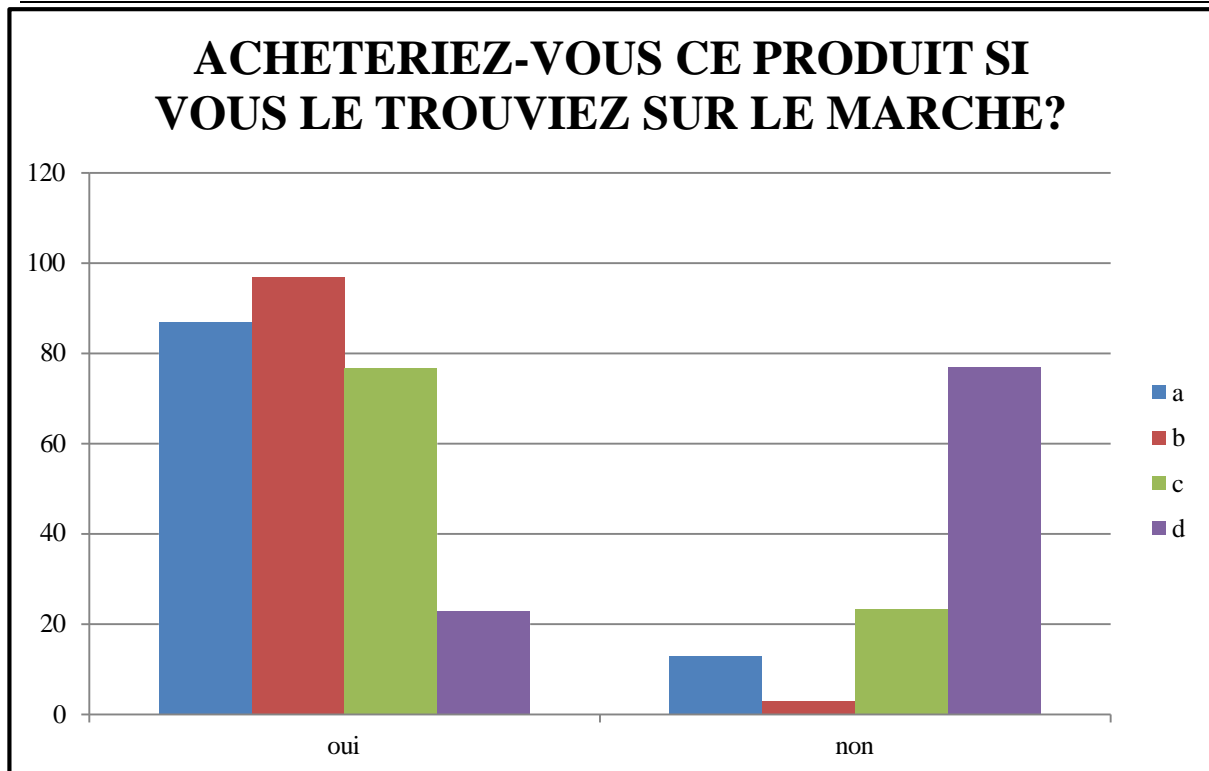


Figure IV. 24 : Evaluation l'acceptabilité des différents échantillons de yaourt (%)

Les résultats obtenus en évaluant l'adéquation des différents échantillons de yaourt ont montré que les échantillons les plus acceptés étaient les échantillons (b 20% FQSF), (a 0% FQSF) et (c 20% FQSF), tandis que l'échantillon (d 40% FQSF) était l'échantillon le plus rejeté par les dégustateurs cela peut être par le pourcentage de farine de quinoa élevée qui responsable de l'amerture. En résumé, les échantillons avec des concentrations plus faibles de farine de quinoa ont été mieux acceptés.

IV.4.8. La satisfaction

Les résultats obtenus de l'intensité la satisfaction des différents échantillons de yaourt en pourcentage dans la figure (IV.25) :

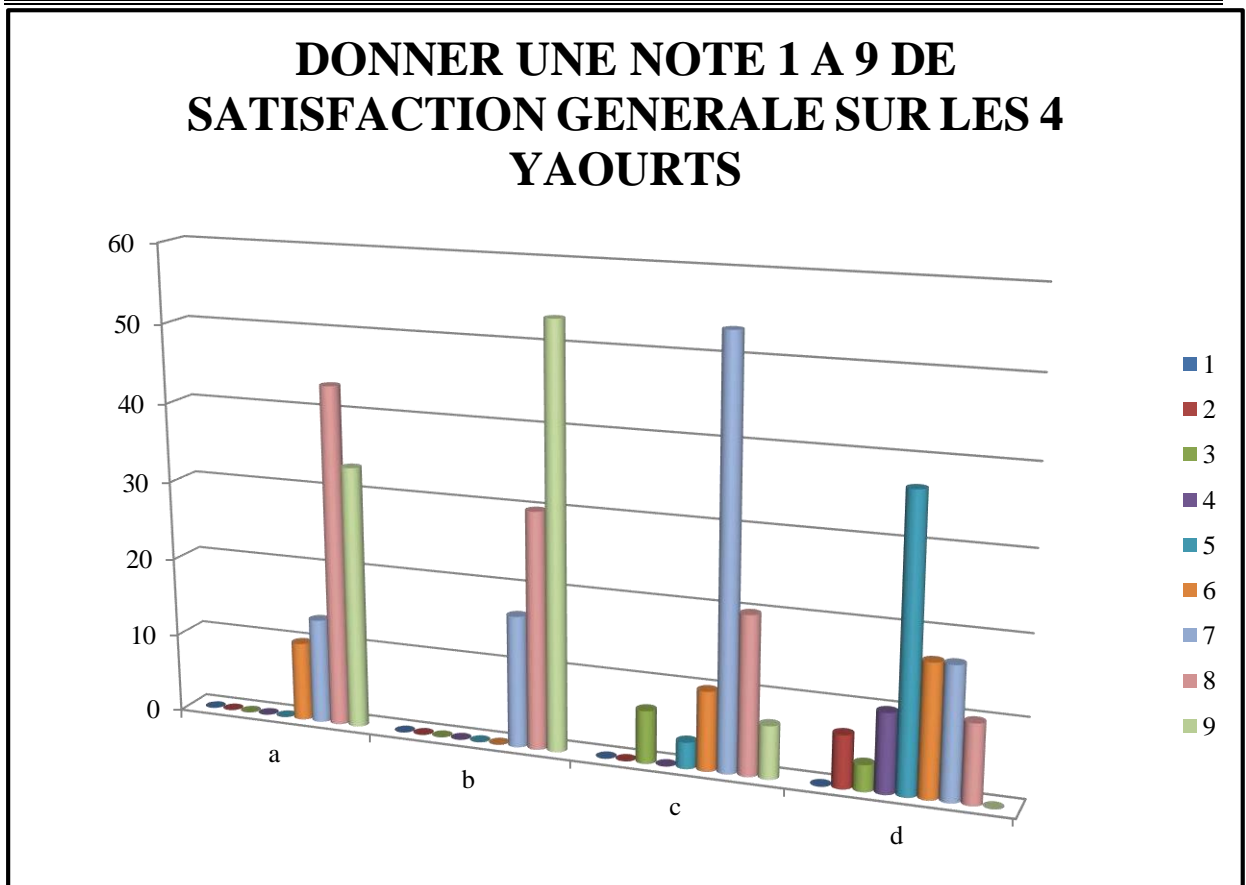


Figure IV.25 : Intensité la satisfaction des différents échantillons de yaourt (%)

Les résultats de satisfaction des différents échantillons de yaourt montrent que les échantillons les plus satisfaisants selon les dégustateurs à premier lieu c'est l'échantillon (b 10 %FQSF) avec plus note(9) ensuite l'échantillon (a 0% FQSF) avec le plus note (8) puis l'échantillon (c 20% FQSF) avec note (7) mais l'échantillon (d 40% FQSF) c'est l'échantillon le moins satisfaisant à note (5).

Conclusion

Exploiter les bienfaits nutritionnels élevés du quinoa pour valoriser et enrichir le yaourt est très bénéfique, car il combine les bienfaits probiotiques du yaourt avec les nombreuses propriétés nutritionnelles et diététiques du quinoa, ce qui contribue à la création d'un nouveau produit laitier qui à son tour attire de nombreux consommateurs, y compris les sportifs, les personnes âgées et les enfants ainsi que les personnes atteintes de la maladie cœliaque.

Les résultats obtenus à partir des analyses microbiologiques du yaourt incorporé à la farine de quinoa séchée au four montrent des résultats très satisfaisants, car ils ont montré une absence totale à la fois de germes pathogènes (*Salmonella...*) et de germes contaminants (*Entérobactéries...*).

Les analyses physicochimiques du quinoa comprenaient également des résultats qui reflètent ses propriétés nutritionnelles, car le résultat du pH (5.85) était conforme à la plage naturelle du quinoa, avec une faible acidité acceptable, un faible taux d'humidité (6.18%) et un taux de matière sèche élevé (93.81%) montrant la capacité du quinoa à être conservé pendant de longues périodes sans réduire la qualité des nutriments. Quant au taux de cendres (2%), il reflète le pourcentage de minéraux essentiels qui contribuent à répondre aux besoins de l'organisme, ainsi que la faible teneur en matières grasses (3.35%), qui est une bonne option pour les personnes religieuses qui cherchent à maintenir une alimentation quotidienne. Quant au niveau très élevé de protéines (14.32%), c'est ce qui distingue cette pseudo-céréale de toutes les autres céréales, et elle est considérée comme un choix idéal pour les végétariens et ceux qui le souhaitent un aliment sain et riche en protéines. De manière générale, tous ces résultats mettent en évidence le grand potentiel du quinoa en tant que source alimentaire équilibrée et riche en nutriments.

L'étude des analyses physicochimiques du yaourt, qui comprenait pH, de l'acidité titrable, d'extraits secs totaux, des matières grasses et des protéines. Les résultats ont montré que la farine de quinoa peut être incorporée au yaourt, ce qui distingue positivement le yaourt combiné à la farine de quinoa comme ayant une meilleure comparaison que yaourt sans incorporation de quinoa, avec un pH compris entre (4.42 et 4.49) et une acidité titrable entre (65 et 70 D°) et les quantités maximales d'EST

(14.73 et 21.54%) et taux de protéine (3.03 et 8.15%).sauf pour le taux de matière grasse dans lequel le yaourt sans farine de quinoa était meilleur, et qui a diminué à chaque augmentation de concentration de farine de quinoa dans le yaourt.

Après des tests dégustatifs de différents échantillons de yaourt boisson préparé, il a été constaté que le yaourt incorporé de la farine de quinoa à (10%) de texture crémeux, de goût acide, d'odeur modéré et de couleur beige est le meilleur échantillon du point de vue organoleptique , il a été largement accepté par les dégustateurs.

Au terme de cette étude, et à travers les résultats obtenus, été démontré que l'ajout de farine de quinoa séché au four à taux de (10, 20, 40%) à un yaourt boisson possédé un effet positif sur chacune de ses propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles, et permet créant un nouveau produit laitier qui répond à la demande croissante des consommateurs d'un produit naturel et nutritif. Enfin aussi la recommandation est d'introduire davantage le quinoa dans la domain nutritionnelle en tant que source alimentaire riche et équilibrée.

Références bibliographique

A

Arjun Yadav, Pallavi Jaiswal, Mithilesh Jaiswal, Nitin Kumar, Rohit Sharma, Shailendra Raghuwanshi, G.B.K.S. (2015) Prasad, Prakash S Bisen. Importance of Probiotics Yogurt for Human Health Improvement.p26.

Achi, O. K., Ejike, E., Ibok, O. I., & Ohaegbu, C. G. (2019). Development of lactic acid bacteria and their metabolites for food quality, food safety and human health. *The Bioscientist Journal*, 7(1), 62-83.

Abou-Amer, A. I., & Kamel, A. S. (2011). Growth, yield and nitrogen utilization efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under different rates and methods of nitrogen fertilization. *Egyptian journal of agronomy*, 33(2), 155-166.

Arguello-Hernández, P., Samaniego, I., Leguizamo, A., Bernalte-García, M. J., & Ayuso-Yuste, M. C. (2024). Nutritional and Functional Properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Chimborazo Ecotype: Insights into Chemical Composition. *Agriculture*, 14(3), 396.

Adjel, I et Cherre, CH.(2020).Le quinoa en conditions de stress thermique. Mémoire master.Université en Biotechnologie et Valorisation des Plantes. Mohamed khider. Biskra.

Atul Bhargava, A. B., Sudhir Shukla, S. S., & Deepak Ohri, D. O. (2006). *Chenopodium quinoa*-an Indian perspective.

B

Bourgeois,C,M et Larpent,J,P .(1996). Microbiologie alimentaire - Tome 2: aliments fermentés et fermentations alimentaires, 2e éd. Ed, lavoisier.paris.pp197.

Béal, C., Helinck, S. (2003).Fabrication des yaourts et des laits fermentés.1-44.

Benhammouda, O et Kaddour, H. (2023). Evaluation de l'effet de l'addition de la farine de quinoa sur la qualité du yaourt. Mémoire master en Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire. Université Kasdi Merbah-Ouaregla.

Bourlioux, Pierre, Véronique Braesco, and Denis DG Mater. (2011). Yoghurts and other fermented milks. 305-314.

Bradford M. M., (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.

Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., ... & Padulosi, S. (2016). Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in plant science*, 7, 850.

Bradi,S et Belliaka, R.(2023).Etude de comportement de 05 variétés de quinoa dans la vallée d'Oued Righ (la station de l'ITDAS).Mémoire master.UNIV Echahid hamma lakhdar.El Oued.

Bouricha, M'hamed ,(2022). Potentiel technologique des souches *Leuconostoc* isolées à partir de différents produits laitiers , Thèse de doctorat, l'Université Kasdi Merbah d'Ouargla.

Branger, A., Richer, M. M., & Roustel, S. (2007). Alimentation et processus technologiques. Educagri Editions.

Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). Chenopodium quinoa—an Indian perspective. *Industrial crops and products*, 23(1), 73-87.

Bazile, D., Bertero, H. D., & Nieto, C. (2015). **State of the Art Report on Quinoa around the World in 2013**

C

Chouana Toufik, (2017). Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'*Astragalus gombo bunge* , Thèse de doctorat, l'Université Kasdi Merbah d'Ouargla.

Chennine, R et Sahli , Z.(2020).Intéret du quinoa dans l'industrie alimentaire et Pharmaceutique.Mémoire de master en Qualité des prodeuits et sécurité Alimentaires.Université Kasdi merbah. Ouargla.

D

Décret n°88/1203 du 30 décembre 1988, relatif aux laits fermentés ET au yaourt ou yoghourt.Version consolidée au 31 décembre 2018.

Décret n°63-695 du 10 juillet 1963 pour l'application de la loi du 1er août 1905 sur la répression des fraudes en ce qui concerne les laits fermentés et le yaourt ou yoghourt . Version en vigueur du 16 juillet 1963 au 25 février 1982.

Drouault, S., & Corthier, G. (2001). Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Veterinary research*, 32(2), 101-117.

Dupont,G., Audigié,C., Zonszain,F. (1999). Principes Des Méthodes D'Analyse Biochimique. Tome 1. Ed : doin, paris.pp165.

Demir, M. K., & Kılınc, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. *International Food Research Journal*, 24(6), 2394-2401.

E

Emeline Roux, Aurélie Nicolas , Florence Valence , Grégoire Siekaniec, Victoria Chuat , Jacques Nicolas , Yves Le Loir et Eric Guédon.(2022). The genomic basis of the *Streptococcus thermophilus* health-promoting properties.

El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., El Kacimi, K., & Yasri, A. (2020). An insight into saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review. *Molecules*, 25(5), 1059.

F

Fisberg, M., & Machado, R. (2015). History of yogurt and current patterns of consumption. *Nutrition reviews*, 73(suppl_1), 4-7.

J

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2013).N°08 du 6 février 2013. Arrêté interministériel du 25 Rabie El Aouel 1433, correspondant au 6 février 2012, Rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en eau dans les Céréales et produits céréaliers.pp34-35.

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2004).N°70 du 7 Novembre 2004. Arrêté interministériel du 26 Rajab 1425, correspondant au 11 Septembre 2004, Rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons pour essai et dilution en vue de l'examen microbiologique.

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2013).N°36 du 18 Juillet 2013. Arrêté interministériel du 23 Rajab 1433, correspondant au 13 Juin 2012, Rendant obligatoire la méthode de recherché et dénombrement des spores de microorganismes anaérobies sulfito-réductrices (clostridia).

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2017).N°39 de 2juillet 2017. Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438, correspondant au 4 Octobre 2016, fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2015). N° 58 du 04 novembre 2015. Arrêté du 4 Moharram 1437 correspondant au 18 octobre 2015 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'acidité titrable dans le lait sec.

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (1998).N°86 du 18 Novembre 1998. Arrête interministeriel du 16 Joumada Ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux specifications techniques des yaourts et aux modalites de leur mise a la consommation.

Jancurová, M., Minarovicová, L., & Dandar, A. (2009). Quinoa—a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(2), 71-79.

Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., & Song, S. (2019). Quinoa: In perspective of global challenges. *Agronomy*, 9(4), 176.

Jeantet, R., Croguennec, T., & Mahaut, M. (2008). Les produits laitiers. 2e éd. Paris: Lavoisier, Tec & Doc.

H

Harle, O. (2020). Identification des interactions positives entre bactéries lactiques en fermentation de jus de soja (Doctoral dissertation, Rennes, Agrocampus Ouest).

Hussain, M. I., Farooq, M., Syed, Q. A., Ishaq, A., Al Ghamdi, A. A., & Hatamleh, A. A. (2021). Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. *Plants*, 10(11), 2258.

I

ISO, 6884, (2008). Détermination du taux de cendres. Corps gras d'origines animale et végétale,

ISO, 11289, (1993).Heat-processed foods in hermetically sealed containers.determination of pH.Switzerland.p1-3.

ISO, 13580,(2005).Yogurt - Determination of total solids content (Reference method).

ISO, 11869 , (2012).Laits fermentés -Détermination de l'acidité titrable –Méthode potentiométrique.

ISO, 19662, (2018). Milk -Determination of fat content- Acido-butyrometric (Gerber method.

ISO, 7218, (1996).Microbiology of food and animal feeding stuffs

General rules for microbiological examinations.

ISO 20483, (2013). Cereals and pulses .Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content. Kjeldahl method.

ISO 21528 , (2018). Microbiologie de la chaîne alimentaire . Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae.

ISO 6888, (2021). Microbiologie de la chaîne alimentaire .Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive *Staphylococcus aureus* et autres espèces.

ISO 15213, (2023).Microbiologie de la chaîne alimentaire . Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement de *Clostridium* spp.

ISO 6579, (2017).Microbiology of the food chain.Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella*.

ISO (659, 1998).Graines oléagineuses. Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence).

G

Georges, C. O. R. R. I. E. U., & François-Marie, L. (2008). Bactéries lactiques. De la génétique aux ferments. Lavoisier.

Guiraud ,J,P.(2012) .Microbiologie alimentaire ,Collection Technique et ingénierie - Agroalimentaire 2eme édition.Dunod.

K

Kourdache ,Y., Ouchihha, O.(2017). Formulation d'un yaourt à base de la poudre de pelure de la betterave rouge (*Beta vulgaris* L.).Mémoire Master en contrôle de qualité et nutrition en agro-alimentaire. UNIVERSITE M'hamed Bouguar, Boumerdas, Algerie.P16.

L

Laaboudi, A., Bensalah, M., & Bouzid, M. H. (2019). International Journal of Natural Resources and Environment.

LEDRA Ahmed Dia Eddine. (2020).La culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) dans la Wilaya de Constantine. Mémoire master, en Biodiversité et physiologie végétale . Université des frères menteri constantine.

Lozach, E., (2001). Le sel et les microorganismes. These de doctorat veterinaire. Ecole nationale veterinaire de maison Afort. Pp137.

Lefebvre, A., & Bassereau, J. F. (2003). L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception: ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages, 10, 3-11.

Lee, W. J., & Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. Asian-Australasian journal of animal sciences, 23(9), 1127-1136.

Lecerf, J. M. (2020). Particularités et bienfaits des yaourts. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 14(8), 699-705.

M

Mihoubi eps. Djeha Mehdi.2019. Formulation et caractérisation d'un yaourt supplémenté de la poudre de graines de lin. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - El Harrach-Alger.

Marty-Teyssset, C., De La Torre, F., & Garel, J. R. (2000). Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* upon aeration: involvement of an NADH oxidase in oxidative stress. *Applied and environmental microbiology*, 66(1), 262-267.

Mazahreh, A. S., & Ershidat, O. T. M. (2009). The benefits of lactic acid bacteria in yogurt on the gastrointestinal function and health. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(9), 1404-1410

Mishra, V. K., Mohammad, G., Jha, A., & Mohammad, G. (2008). Immunomodulation and anticancer potentials of yogurt probiotic. *EXCLISVE Journal*, 7(1), 177-184.

Maud Fumex.2019. Les différentes méthodes d'analyse quantitative des protéines dans le domaine pharmaceutique : description, comparaison et nouvelles perspectives. *Sciences pharmaceutiques*. hal-03297917.

Merck., K. (2020). Protéines (selon la méthode de Bradford). Germany.p7

Maradini-Filho, A. M. (2017). Quinoa: nutritional aspects. *Journal of Nutraceuticals and Food Science*, 2(1), 3.

N

Nickel, J., Spanier, L. P., Botelho, F. T., Gularte, M. A., & Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food chemistry*, 209, 139-143.

O

Ophélie Uriot , Sylvain Denis , Maira Junjua , Yvonne Roussel , Annie Dary-Mourot , Stéphanie Blanquet-Diot . (2017). *Streptococcus thermophilus*: From yogurt starter to a new promising probiotic candidate. *Journal of Functional Foods* V 37, October 2017, Pages 74-89

R

Razzeto, G. S., Uñates, M. A., Moreno, J. E. R., Lucero López, R. V., Aguilar, E. G., Sturniolo, H., & Escudero, N. L. (2019). Evaluation and comparative study of the nutritional

profile and antioxidant potential of new quinoa varieties. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 3(3), 1-11.

S

Sieuwerts, S., de Bok, F.A., Hugenholtz, J. and van Hylckama Vlieg, J.E., (2008). Unraveling microbial interactions in food fermentations: from classical to genomics approaches. *Appl. Environ. Microbiol.* 74: 4997-5007.

Sharma, V., Chandra, S., Dwivedi, P., & Parturkar, M. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A nutritional healthy grain. *International Journal of Advanced Research*, 3(9), 725-736.

Sharma, V., Chandra, S., Dwivedi, P., & Parturkar, M. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A nutritional healthy grain. *International Journal of Advanced Research*, 3(9), 725-736.

Solíz-Guerrero, J. B., de Rodriguez, D. J., Rodríguez-García, R., Angulo-Sánchez, J. L., & Méndez-Padilla, G. (2002). Quinoa saponins: concentration and composition analysis. *Intrnational Journal of Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses.* ASHS Press, Alexandria, VA, 110-114.

Srivastava, S. (2020). Formulation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) biscuits and evaluation of its physical, textural, sensory and nutritional quality. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 143-147.

SAHNOUNE, F, Z et BENDIF, L.(2022). Contribution à l'évaluation de l'effet d'incorporation de la farine cuite de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sur la qualité d'un yaourt brassé au cours de la conservation au froid. Mémoire master. Agroalimentaire et contrôle de qualité. Université Abdelhamid Iben Badis Mostaganem.

T

Trachoo, N. (2002). Yogurt: The fermented milk. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 24(4), 727-738

Thomas, C. R. O. G. U. E. N. N. E. C., Romain, J. E. A. N. T. E. T., & Gérard, B. R. U. L. É. (2008). Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Lavoisier.

V

Vingola, C.L. (2002). Science et technologie du lait. Transformation du lait. Ed: Lavoisier, Paris.

Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., & Silva, E. (2022). Nutritional value and bioactive compounds of leaves and grains from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants*, 11(2), 213.

W

W.A.D.V. Weerathilake, D.M.D. Rasika, J.K.U. Ruwanmali et M.A.D.D. Munasinghe. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of Yogurt.

Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1991). Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. CRDI, Ottawa, ON, CA.

Y

Yaldiz,F.(2010). Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products.ED.

Yahia, L. B. (2012). Étude du dialogue hôte/bactéries lactiques du yaourt chez des rats gnotobiotiques (Doctoral dissertation, AgroParisTech).

Z

Zourari, A. A. J. P., Accolas, J. P., & Desmazeaud, M. J. (1992). Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review. *Le lait*, 72(1), 1-34.

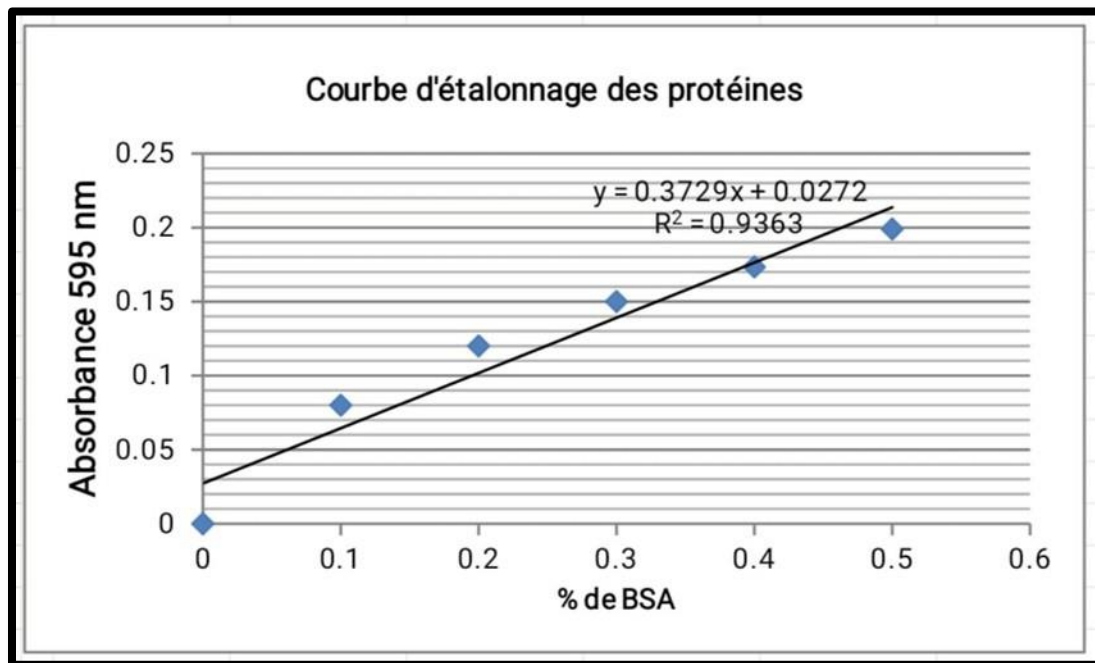
Annexe

Matériels utilisé	Verreries	Réactifs
Bec bensec	Tube à essai stérile	Eau distillé
Blaque chauffante	Pipette graduée de 10, 25 ml	Eau physiologique
Bai marie	Pipette pasteur	Alune de fer
Pince	Boite de Pétrie en plastique	Bleu de commassie
Autoclave	Anse de platine	Sérum albumine bovine
Agitateur	Flacon de 200 ml stérile	Phénol phtaléine
Support de tube à essai	Erlen Meyeur de 1000et 2000 ml	Rouge de méthyle
Parafilm	Bécher de 50 ml	
Ph mètre		
Cuillère		
Balance à précision		
Four pasteur		
Four à moufle		
Incubateur		
Creusets		
Etuve		
Tamis électrique		
Broyeur à bille		
Thermomètre		
Spectroscopie UV-Visible		
Dessiccateur		
Dessiccateur infra-rouge		
Appareil soxhelt		
Rotavapeur		

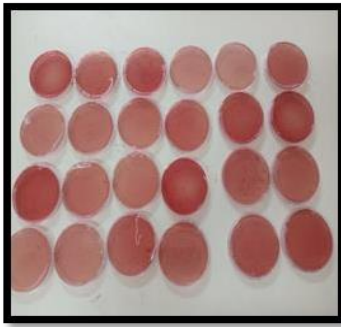
Les compositions des milieux de culture utilisée

Milieu de culture	compositions	quantité	pH
GéloseVRBG (violet rouge bile glucose)	Extrait de levure	3g	7.4
	Peptone	7g	
	Chlorure de Na	5g	
	Agar	13g	
	Sel biliaire	1.5	
	Glucose	10g	
	Rouge neutre	0.03g	
	Cristal-violet	0.002g	
	Eau distillée	1000ml	
Gélose de mannitol (Chapman)	Extrait de viande	1g	7.4
	Peptone	10g	
	Chlorure de sodium	5g	
	Mannitol	10g	
	Rouge de phénol	25 mg	
	Gélose	15 mg	
	Eau distillée	1000 ml	
Gélose de viande foie (VF)	Extrait viande foie	30g	7.3
	Amidon	2g	
	Glucose	2g	
	Agar	11g	
	Eau distillée	1000ml	
Gélose (Hektöen)	Peptone	12.00g	7.5
	Extrait de levure	3.00g	
	Sels biliaires	9.00g	
	Lactose	12.00g	
	Saccharose	12.00g	
	Salicine	2.00g	
	Chlorure de sodium	5.00g	
	Thiosulfate de sodium	5.00g	
	Citrate ferrique ammoniacal	1.50g	
	Bleu de bromothymol	0.065g	
	Fuchsine acide	0.10g	
	Agar	14.00g	
	Eau distillée	1000ml	

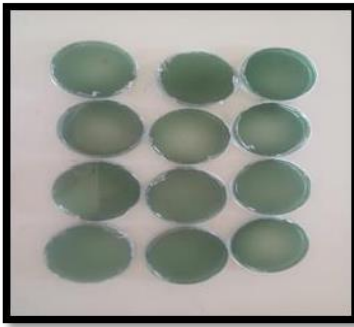
Bouillon de rapport vassilidias (RV)	Tryptone	4.54g	5.2
	Chlorure de magnésium anhydre	13.40g	
	Chlorure de sodium	7.20g	
	Phosphate monpotassique	1.45g	
	Oxalate de vert de malachite	0.036g	



Courbe d'étalonnage de protéine de yaourt fabriqué



Recherche de
entrée bactérie



Recherch
salmonella



Recherche
stapylocoque+



Recherche clostridium



Milieu RV



Solution de dilution



Milieu de culture



Incubateur



Autoclave



Poudre de lait 26%
MG



Poudre de lait 0%
MG



Dessiccateur



Bleu de comassie



Cendre de quinoa

Technique de dilutions successives de facteur 10

R. Moreda - Lycée Docteur Lacroix - Narbonne

Le matériel :

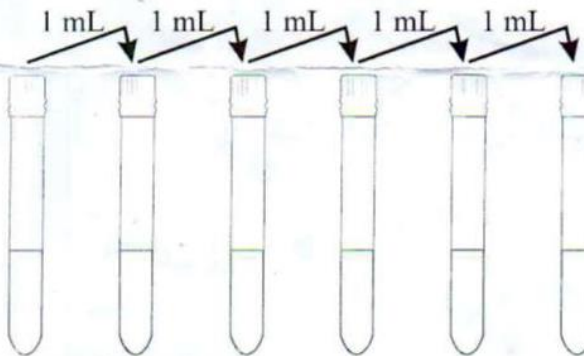


Tubes de diluant
de 9 mL



Pipette graduée ou pipette paille de 1mL

La technique :



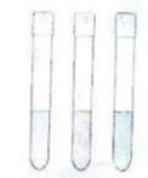
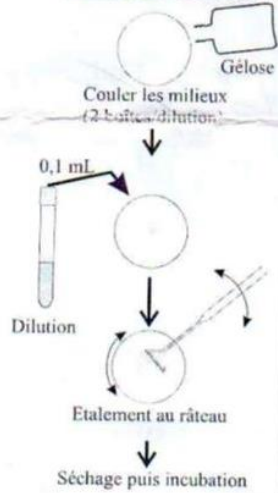
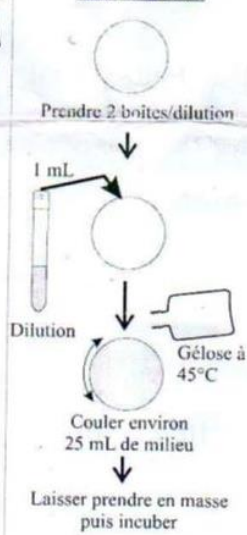
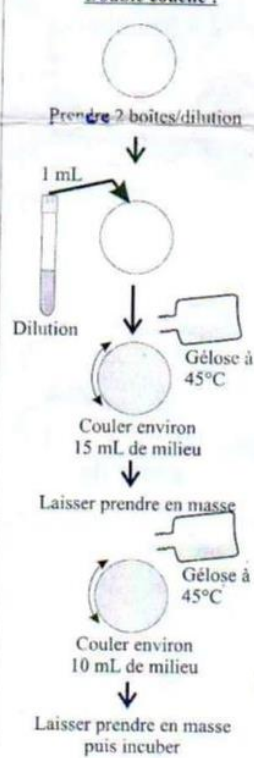
Dilution :	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
Facteur de dilution :	1	10	100	1000	10000	100000

MI Bio Appliqué

Les techniques de dénombrement en milieu solide

R. Moreda - Lycée Docteur Lacroix - Narbonne

TP

Le matériel :Série de dilutions
du produit à analyserPipette graduée de 1 mL
ou pipette paille avec piston
1 mL ou 0,1 mL.2 boîtes de pétri
par dilutionMilieu de culture
en surfusionLes 3 techniques :Par étalement en surface :Dans la masse :Double couche :

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté de science de nature de la vie

Département des sciences biologiques

Spécialité : Master 2 Qualité de produits et sécurité alimentaire

Fiche de dégustation de yaourt boire à base de quinoa

Sexe: Femme : Homme : Age :

Questionnaire :

A. Dans le cadre d'une enquête pour la fabrication d'un yaourt avec farine de quinoa, 4 échantillons de yaourt vous sont présents ,selon les codes **A,B, C** et **D**. Il vous est demandé de donner une note appropriée pour chaque caractéristique selon l'échelle présentée ci-dessous:

1) la couleur

1. Blanc. 2. Beige. 3. Marron clair.

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

2) l'odeur

1.Absenc. 2. Modéré. 3. Forte.

.Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

3) le Gout

1.Sucré. 2.Acide. 3.Amér

.Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

4) Le texture

1. Visquex. 2.Crémeux. 3Présence de granules

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

5) Arrière-gout

1. Agréable. 2.Desagréable

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

B. Quatre échantillons de yaourt avec farine de quinoa vous sont présents ,selon les codes A,B, C et D. Il vous est demandé de donner votre juger pour chaque caractéristique selon l'échelle présentée ci-dessous:

6) Quel yaourt avez-vous préféré

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

7) Achèteriez-vous ce produit si vous le trouviez sur le marché ?

1. Oui. 2. Non.

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

8) Donner une note 1 à 9 de satisfaction générale sur les 4 yaourts.

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

Résumé

Cette étude consiste à l'exploitation des propriétés de la farine de quinoa dans le but d'enrichir le yaourt boisson et de créer un nouveau produit laitier. En effet, le quinoa a été introduit en Algérie en 2014, après la signature d'un accord entre FAO et l'Algérie. Cette pseudo-céréale similaire suscite un intérêt croissant en raison de sa haute valeur nutritionnelle par rapport aux céréales traditionnelles, notamment sa teneur élevée en protéines et manque de gluten, en plus de sa tolérance aux conditions du sol, le climat rude et difficile.

Ce travail permis d'évaluer certains paramètres physicochimiques, microbiologiques et sensoriels du yaourt incorporé à la farine de quinoa à différents taux (0, 10, 20,40%), ainsi que les paramètres physiques du quinoa. On remarque une absence totale de micro-organismes (0 UFC/ml), tels que les germes pathogènes et contamination. Les analyses physicochimiques du quinoa ont également montré un pH (5.85), une faible humidité (6.18%), et une teneur élevée en matière sèche (93.81%), et en cendres (2%), à la teneur en matières grasses (3.35%), et à une teneur très élevée en protéines (14.32%). Quant aux propriétés physiques du yaourt préparé, le pH (4.42-4.49), l'acidité titrable entre (65-70 D°) et l'ajout d'un maximum de farine de quinoa 40% entraînait une forte augmentation de la teneur en extrait sec totale (21.54%) et en protéines (8.15%), contrairement à la teneur en matières grasses qui était très faible (0.2%).

Les résultats du comité de dégustation ont confirmé que le produit satisfaisant, selon les analyses organoleptiques réalisées lors du test sensoriel et qui a été apprécié par tous les dégustateurs, est le yaourt auquel a été ajoutée de la farine de quinoa séchée ou four à 10% en termes de couleur, d'odeur, de goût et texture.

Mots clé : Yaourt, Quinoa, propriétés Microbiologiques, propriétés Physicochimiques, propriétés Sensoriels.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى استغلال خصائص دقيق الكينوا بهدف إثراء مشروب الزبادي وخلق منتج ألبان جديد، وبالفعل تم إدخال الكينوا إلى الجزائر عام 2014، بعد توقيع اتفاقية بين منظمة الأغذية والزراعة والجزائر. هذه الحبوب الزائفة تحظى باهتمام متزايد نظراً لقيمتها الغذائية العالية مقارنة بالحبوب التقليدية، وال سيما محتواها العالي من البروتين وخواصها من الغلوتين، بالإضافة إلى تحملها لظروف التربة والمناخ القاسية والصعبة.

أتاح لي هذا العمل تقييم بعض العوامل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية للزبادي المدمج بدقيق الكينوا بمستويات مختلفة (0، 10، 20.40%)، بالإضافة إلى المعايير الفيزيائية والكيميائية للكينوا. هناك غياب تام للكائنات الحية الدقيقة (0 CFU/ml)، مثل الجراثيم المسببة للأمراض والتلوث. كما أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية للكينوا أن الرقم الهيدروجيني (5.85)، والرطوبة المنخفضة (6.18%)، وارتفاع نسبة المادة الجافة (93.81%)، والرماد (2%)، أما محتوى

الدهون (3.35%)، وبنسبة عالية جداً" محتوى البروتين (14.32%). أما بالنسبة للخصائص الفيزيائية للزبادي المحضر فإن الرقم الهيدروجيني (4.42-4.49) والحموضة القابلة للمعايرة بين (65-70 درجة مئوية) وإضافة دقيق الكينوا بحد أقصى 40% أدى إلى زيادة قوية في المحتوى الكلي للمستخلص الجاف (21.54%) والبروتين (8.15%)، على عكس محتوى الدهن الذي كان منخفضاً جداً" (0.2%).

وأكدت نتائج لجنة التذوق أن المنتج المرضي حسب التحاليل الحسية التي أجريت خلال الاختبار الحسي والذي نال استحسان جميع المتذوقين هو الزبادي المضاف إليه دقيق الكينوا المجففة في الفرن بنسبة 10% من حيث اللون والرائحة والطعم والملمس.

الكلمات المفتاحية: الزبادي، الكينوا، خصائص ميكروبيولوجية، خصائص فيزيائية، خصائص حسية .

Abstract

This study consists of exploiting the properties of quinoa flour with the aim of enriching the yogurt drink and creating a new dairy product. Indeed, quinoa was introduced in Algeria in 2014, after the signing of an agreement between FAO and Algeria. This similar pseudo-cereal is attracting growing interest due to its high nutritional value compared to traditional cereals, notably its high protein content and lack of gluten, in addition to its tolerance to soil conditions, the climate harsh and difficult.

This work allowed me to evaluate certain physicochemical, microbiological and sensory parameters of yogurt incorporated with quinoa flour at different levels (0, 10, 20.40%), as well as the physical parameters of quinoa. There is a total absence of micro-organisms (0 CFU/ml), such as pathogenic germs and contamination. Physicochemical analyzes of quinoa also showed pH (5.85), low humidity (6.18%), and high dry matter content (93.81%), and ash (2%), fat content (3.35%). %, and with a very high protein content (14.32%). As for the physical properties of the prepared yogurt, the pH (4.42-4.49), the titratable acidity between (65-70 C°) and the addition of a maximum of 40% quinoa flour led to a strong increase in the content of total dry extract (21.54%) and protein (8.15%), unlike the fat content which was very low (0.2%).

The results of the tasting committee confirmed that the satisfactory product, according to the organoleptic analyzes carried out during the sensory test and which was appreciated by all the tasters, is the yogurt to which quinoa flour was added at 10% in terms of color, smell, taste and texture.

Keywords : Yaourt, Quinoa, Microbiological properties, Physicochemical properties, Sensorial properties.