

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Microbiologie  
Spécialité : Microbiologie appliquée



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**L'élaboration d'une nouvelle recette du  
yaourt grec de la SARL laiterie « Soummam »**

Présenté par :

**BENDIAB Celina & BENTIZI Hamida**

Soutenu le : 29/06/2024.

Devant le jury composé de :

Mme BENACHOUR Karima	MAA	Présidente
Mr LADJOUZI Rachid	MAA	Examineur
Mr BARACHE Nacim	MCB	Promoteur
Mr CHENNIT Boualem	MRB	Invité
Mme MAHLOUL Malika	Ingénieur	Invitée

**Année universitaire : 2023 / 2024**

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à Dieu tout puissant qui a guidé mes pas tout au long de sa réalisation.*

*A mon père, qui a toujours cru en moi et dont le soutien et l'amour inconditionnel ont été les fondations de ma confiance en moi.*

*A ma mère, symbole de tendresse et de bienveillance les mots ne seront jamais suffisants pour décrire ta bonté de cœur.*

*A mon frère, mon pilier dans la vie celui sur lequel je pourrais toujours compter ainsi qu'à sa femme qui a toujours été une vraie amie.*

*A toute ma famille et mes amis qui m'ont soutenu et encouragé dans cette aventure.*

*A chacun et chacune ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*A ma binôme, ma meilleure amie de longue date avec toi chaque moment est unique.*

*Une dédicace spéciale à mes deux cousins Menoune et Redha partis beaucoup trop tôt*

*Que Dieu vous accueille dans son vaste paradis.*

*Celina.*

## *Dédicace*

*Soutenue par la grâce de Dieu, j'ai réussi à achever ce travail que je dédie à :*

*A ma très chère mère, Rien de ce que je pourrais dire ou faire ne pourrait exprimer pleinement ma reconnaissance envers toi. Ton amour inconditionnel m'enveloppe, ta bienveillance me guide. Plus que tout, ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour surmonter les défis. Merci Maman, je t'aime énormément !*

*A mon très cher père, Tout au long de mes études, tu as été un pilier inébranlable, un soutien de tous les instants. Que ce modeste travail soit l'expression de ma profonde gratitude et de mon affection pour toi. Merci pour tout, papa.*

*A mes très chers frères AJMAD et HJLAL, Vous êtes les piliers de ma vie, toujours présents avec votre soutien indéfectible et votre amour sincère. Je suis reconnaissante chaque jour de vous avoir à mes côtés. Merci d'être ces frères exceptionnels sur lesquels je peux compter en toutes circonstances.*

*A mes chères amies KAT, CHJCHA et ALDJA, Votre amitié est le rayon de soleil qui éclaire mon quotidien. Ensemble, nous avons partagé les joies les plus vives comme les peines les plus sombres. Merci d'être toujours là, avec votre soutien sincère et vos encouragements indéfectibles et votre présence réconfortante.*

*A ma chère cousine LYDJA, Tu es bien plus qu'une simple cousine pour moi, tu es une amie fidèle et une confidente précieuse. Merci pour ton soutien indéfectible.*

*A ma chère binôme CELINA, Compagne de route depuis le CEM. Merci à toi ainsi qu'à toute ta famille, en particulier à MEZJANE, pour son aide précieuse tout au long de ce travail.*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*HAMIDA.*

## *Remerciements*

*Ce mémoire est le produit d'un voyage parsemé d'obstacles surmontés, témoignant de notre résilience et de notre travail acharné.*

*Au terme de ce travail, il est à la fois gratifiant et nécessaire d'exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui ont rendu ce mémoire possible.*

*Avant tout, nos remerciements vont au Dieu tout puissant qui nous a donné courage, force, patience et volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous adressons nos profondes reconnaissances et nos chaleureux remerciements à notre encadrant Mr BARACHE Nacim, pour sa patience, ses conseils et son orientation.*

*Nous remercions également les membres de jury, la présidente M<sup>me</sup> BENACHOUR Karima et l'examineur Mr LADJOUEJ Rachid d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Nous remercions Mr CHENNET Boualem, pour son aide et ses conseils avisés dans ce présent travail.*

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers toute l'équipe de la laiterie Soummam, spécialement M<sup>me</sup> MAHLOUL M chef de service laboratoire d'analyses et contrôle de qualité, Mr TAALBA S, Mr HAMTOUCHE B, Mr DJAAFRI B ainsi que tous les contrôleurs pour nous avoir orienté et conseillés durant tous notre stage.*

## Liste des abréviations

**$\omega$ -3** : Acide linoléique.

**$\omega$ -6** : Acide linoléique.

**$\omega$ -9** : Acide oléc.

**ACP** : analyse en composante principale.

**BCP** : BromoCrésol Pourpre.

**BLBVB** : bouillonlactosé bilié au vert brillant.

**°C** : Degré Celsius.

**CSR** : clostridium sulfito-réducteurs.

**°D** : Degré doronic.

**EAG** : équivalent d'acide gallique

**FAO**: Food and Agriculture Organization.

**G** : Yaourt à base de graines de chia.

**GB** : Yaourt à base de graines de chia et purée de banane.

**GBF** : Yaourt à base de graines de chia, flocons d'avoine et purée de banane.

**ISO** : Organisation Internationale de Normalisation.

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne.

**LDL** : Low-density lipoprotien (lipoprotéine de basse densité).

**M17** : gélose utilisé pour le dénombrement des Streptocoques.

**ms**: millisiemens.

**MG** : Matière Grasse.

**MPa** : Mégapascal.

**MRS** : Gélose de Man, Rogosa, Sharpe.

**NPP** : Nombre le Plus Probable.

**PCA** : Plat Count Agar.

**RVS** : Rappaport-Vassilladis-Soja.

**pH**: potentiel Hydrogène.

**TSE** : Solution de peptone-sel.

**VF** : Viande Foie.

**VRBL** : Violet Red Bile Lactose (gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre)

**XLD** : Xylose-Lysine-Désoxycholate.

**YGC** : Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (gélose glucosée à l'extrait de levure).

## Listes des figures

<b>Figure 1 :</b> Image illustrant la morphologie cellulaire de <i>L. bulgaricus</i> observée sous un microscope électronique à balayage.....	4
<b>Figure 2 :</b> Image illustrant la morphologie cellulaire de <i>S. thermophilus</i> observée sous un microscope électronique .....	5
<b>Figure 3 :</b> Schéma illustrant le processus de mise au point des préparations GBF, GB et G.	16
<b>Figure 4 :</b> schéma représentatif de la formulation du yaourt grec additionné des trois préparations réalisées. ....	17
<b>Figure 5 :</b> Courbes du suivi du pH dans les yaourts formulés et la base lactée pendant un mois. ....	30
<b>Figure 6 :</b> Courbes du suivi de l'acidité titrable pour les trois yaourts formulés et la base lactée pendant un mois. ....	31
<b>Figure 7 :</b> Histogramme du suivi de la matière grasse pour les trois yaourts formulés et la base lactée.....	32
<b>Figure 8 :</b> Histogramme du suivi de l'extrait sec total des trois yaourts formulés et la base lactée pendant un mois .....	33
<b>Figure 9 :</b> Courbes montrant le suivi de la conductivité électrique en ms/cm des trois yaourts formulés et la base lactée pendant un mois .....	34
<b>Figure 10 :</b> Evolution de la teneur en polyphénols des trois échantillons formulés et la base lactée pendant 28 jours.....	35
<b>Figure 11 :</b> Courbes du suivi de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> en log UFC/ mL dans les yaourts formulés et la base lactée pendant la durée de conservation à 4°C.....	40
<b>Figure 12 :</b> Courbes du suivi de <i>Streptococcus thermophilus</i> en log UFC/mL dans les yaourts formulés et la base lactée pendant la durée de conservation à 4° C.....	41
<b>Figure 13 :</b> Profil sensoriel des trois échantillons formulés et la base lactée.....	42
<b>Figure 14 :</b> Analyse en composantes principales des données du suivi physicochimique, microbiologique et sensorielle des 4 yaourts (GBF, GB, G et Grec).....	43

## Liste des figures en annexe

**Figure 1 :** organigramme de la laiterie « Soummam ».

**Figure 02 :** Diagramme général de fabrication des principaux types de yaourts

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1</b> : composition indiqué pour le yaourt .....	7
<b>Tableau 2</b> : résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait.....	28
<b>Tableau 3</b> : Résultats des analyses physicochimiques de la crème fraîche.....	29
<b>Tableau 4</b> : résultats des analyses microbiologiques de la matière première. ....	37
<b>Tableau 5</b> : Résultats d'analyses microbiologiques des préparations de fruits.....	38
<b>Tableau 6</b> : Résultats des analyses microbiologiques (flore de contamination) du produit fini durant la période de conservation.....	39

## **Liste des tableaux en Annexes**

**Tableau 1** : valeurs nutritionnelles dans 100 g de banane

**Tableau 2** : Valeurs nutritionnelles dans 100 g d'avoine

**Tableau 3** : Valeurs nutritionnelles, teneur en vitamines, acides gras et composés phénoliques dans 100 g de graines de chia.

Tableau 04 : Table de Mac Grady pour 3 tubes par dilution

## Sommaire

Introduction.....	1
Synthèse bibliographique.....	3
I. Généralités sur le yaourt.....	3
I.1. Historique.....	3
I.2. Définition.....	4
II. Ferments lactiques utilisés.....	4
II.1. <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .....	4
II.2. <i>Streptococcus thermophilus</i> .....	5
II.3. Interaction entre les ferments du yaourt.....	5
III. Processus de fabrication du yaourt.....	6
III.1. Yaourt « ferme » .....	6
III.2. Yaourt « brassé ».....	6
III.3. Yaourt « à boire ».....	7
III.4. Yaourt « concentré ».....	7
IV. Composition du yaourt.....	7
V. Aliments additionnés au yaourt.....	7
VI. Ajouts de microorganismes à effet probiotique dans le yaourt.....	8
VII. Effets bénéfique du yaourt sur la santé.....	8
VII.1. Effet sur l'intolérance au lactose.....	9
VII.2. Effet sur le microbiote.....	9
VII.3. Effet hypocholestérolémiant.....	9
VII.4. Effet sur la qualité de l'alimentation.....	9
VIII. Enrichissement des yaourts.....	10



VIII.1. Enrichissement avec les fruits.....	10
VIII.1.1. Enrichissement avec la banane.....	10
VIII.1.2. Classification taxonomique de la banane.....	10
VIII.1.3. Effets bénéfiques de la banane.....	10
VIII.2. Enrichissement avec les céréales à grain entières, brisées ou en flocons.....	11
VIII.2.1. Enrichissement avec les flocons d'avoine.....	11
VIII.2.2 Classification taxonomique de l'avoine.....	11
VIII.2.3. Effets bénéfiques de l'avoine.....	11
VIII.3. Enrichissement avec les graines oléagineuses.....	12
VIII.3.1. Enrichissement avec les graines de chia.....	12
VIII.3.2. Classification taxonomique des graines de chia.....	12
VIII.3.3. Effets bénéfiques des graines de chia.....	12
Matériel et méthodes.....	15
I. Elaboration des préparations.....	15
I.1. Processus de mise au point des préparations GBF, GB et G.....	16
I.2 Formulation du yaourt grec avec les trois préparations réalisées.....	16
II. Echantillonnage.....	18
III. Analyses physicochimiques.....	18
III.1. Détermination du pH.....	18
III.2. Détermination de l'acidité titrable.....	18
III.3. Détermination de la teneur en matière grasse.....	19
III.4. Détermination de l'extrait sec total (EST).....	19
III.5. Détermination de la conductivité électrique.....	19
III.6. Détermination de la teneur en polyphénols.....	19

IV. Analyses microbiologiques.....	20
IV.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....	20
IV.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	20
IV.3. Recherche et dénombrement des coliformes.....	21
IV.4. Recherche et dénombrement des coliformes par la méthode Npp (nombre le plus probable) .....	21
IV.5. Recherche des coliformes fécaux.....	21
IV.6. Dénombrement des levures et moisissures.....	22
IV.7. Recherche des salmonelles.....	22
IV.8. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.....	22
IV.9. Recherche et dénombrement des germes acidifiants.....	22
IV.10. Dénombrement de la flore lactique.....	23
IV.10.1. Dénombrement de <i>Streptococcus thermophilus</i> .....	23
IV.10.2. Dénombrement de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .....	23
IV.11. Test de fermentation.....	23
IV.12. Test d'antibiotiques.....	23
V. Analyse sensorielle.....	24
V.1. Formulation du questionnaire.....	24
V.2. Critères du choix des dégustateurs.....	24
V.3. Déroulement de la séance de dégustation.....	24
VI. Analyse en composante principale des paramètres étudiés.....	25
Résultats et discussion.....	28
I. Analyses physicochimiques.....	28
I.1. Poudre de lait.....	28

I.2. Crème fraîche.....	29
I.3. Produit fini.....	29
I.3.1. Mesure du pH.....	29
I.3.2. Détermination de l'acidité titrable.....	30
I.3.3. Détermination de la matière grasse.....	31
I.3.4. Détermination de l'extrait sec total.....	32
I.3.5. Détermination de la conductivité électrique.....	33
I.3.6. Détermination des polyphénols.....	35
II. Analyses microbiologiques.....	37
II.1. Matières premières.....	37
II.1.1. Test de fermentation.....	38
II.1.2. Test d'antibiotiques.....	38
II.2. Préparations de fruits.....	38
II.3. Produit fini.....	39
II.4. Dénombrement de la flore lactique.....	39
II.4.1. Survie du ferment <i>Lactobacillus bulgaricus</i> durant la période de conservation.....	40
II.5. Suivi du ferment <i>Streptococcus thermophilus</i> durant la période de conservation.....	41
III. Analyse sensorielle.....	42
IV. Analyse en composante principale.....	43
Conclusion et perspectives.....	45

Références bibliographique

Annexes

# **Introduction**

## Introduction

Depuis des siècles, le lait a joué un rôle essentiel dans la nutrition humaine, ce dernier renferme des protéines animales, de la graisse, du lactose, des vitamines et des minéraux essentiels pour une alimentation équilibrée (**Ramdane et al., 2019**).

Le yaourt fait partie des produits laitiers les plus consommés dans le monde (**El-Said et al., 2014**), au-delà de sa fonction nutritionnelle il est reconnu comme un aliment bénéfique pour la santé grâce à la fermentation du lait par les ferments lactiques, cette fermentation rend le lactose facile à digérer et prévient les maladies potentielles de base telles que l'obésité et les maladies cardiovasculaires (**Freitas, 2017; Shori, 2020**). Le yaourt grec est populaire auprès de certaines catégories de consommateurs, notamment les personnes actives, les athlètes, et ceux qui cherchent à gérer leur poids ou à augmenter leur masse musculaire grâce à sa teneur en protéines, qui est deux à trois fois plus élevée que celle d'un yaourt ordinaire (**Chandan, 2017**).

En parallèle, les fruits et les yaourts ont été identifiés individuellement comme des indicateurs du mode alimentaire sain. Les fruits présentant une faible densité énergétique sont une excellente source d'antioxydants, de fibres prébiotiques, de polyphénols, offrant ainsi des avantages pour la santé. La consommation simultanée de yaourt et de fruits peut apporter à la fois des probiotiques, des prébiotiques, des protéines de haute qualité, ainsi que des vitamines et des oligoéléments (**Fernandez et Marette, 2017**).

Parmi ces fruits, la banane est une plante originaire des régions tropicales et subtropicales. Au cours des dernières décennies, les avantages de *Musa acuminata* pour la santé ont suscité un grand intérêt en mettant en évidence que son contenu peut répondre aux besoins quotidiens recommandés en vitamine C, énergie et minéraux (**Mathew et Negi, 2017**). D'autre part les flocons d'avoine aussi appelés *Avena sativa* sont reconnus comme étant une source riche en protéines, minéraux, lipides et  $\beta$ -glucane (**Singh et al., 2013**). Enfin l'utilisation des graines de chia (*Salvia hispanica L.*) a connu une augmentation considérable au fil du temps grâce à ses bienfaits sur la santé, car ces dernières contiennent environ 32 % d'huile, 60 % de cette dernière est constituée d'acide linoléique, un acide gras appelé oméga-3 associé à divers avantages pour la santé des consommateurs (**Moïse et al., 2022**). Ces trois aliments sont reconnus pour leurs activités pharmacologiques telles que des propriétés antioxydantes, immunomodulatrices, anticancéreuses et antimicrobiennes (**Singh et al., 2013; Mathew et Negi, 2017; Moïse et al., 2022**).

Notre étude vise à élaborer de nouvelles recettes du yaourt grec de « Soummam » avec des ingrédients sains et riches en nutriments. Pour cela trois recettes ont été élaborées et elles sont composées essentiellement de (graines de chia, flocons d'avoine et purée de banane), (graines de chia et purée de banane) et (graines de chia). Les yaourts réalisés sont évalués selon leurs caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles par rapport à un témoin qui est la base lactée du yaourt grec de « Soummam ».

Le manuscrit est structuré en trois chapitres, le premier traite la synthèse bibliographique du « yaourt » et « banane, flocons d'avoine et graines de chia ». Le deuxième chapitre décrit la partie méthodologie utilisée en industrie pour l'élaboration de la nouvelle recette du grec et pour ce qui est du troisième chapitre il aborde tous les résultats ainsi que leurs interprétations. Enfin le manuscrit s'achève par une conclusion et perspectives qui synthétisent le travail ainsi que les principaux résultats obtenus et les objectifs avenir de ce projet.

# **Synthèse**

# **Bibliographique**

## I. Généralités sur le yaourt

### I.1. Historique

Le mot "yaourt" viendrait du turc "yoğurtmak" signifiant (épaissir, cailler, coaguler) tandis que son origine exacte est toujours débattue par les Bulgares et les Turcs revendiquant sa paternité. Le yaourt fait partie d'une grande famille de laits fermentés, il est apparu spontanément dans différentes régions du monde au fil des millénaires (**Fisberg et Machado, 2015**).

Actuellement la plupart des gens croient que l'invention du yaourt revient aux éleveurs nomades d'Asie centrale. Mais son origine exacte reste mystérieuse et les légendes derrière sont nombreuses. Il y a eu d'abord celle du voyageur nomade dans le désert de Turquie qui transportait du lait dans une outre en peau de chèvre, sous le soleil brûlant et l'agitation continue le lait donna naissance au premier lait fermenté sous l'aspect et le goût d'une crème piquante. Puis vient l'histoire de Genghis Khan au XIIe siècle où des habitants d'un village qu'il a pris, ont essayé de l'empoisonner avec du lait suri mais au lieu de cela le lait donna naissance à un délicieux produit crémeux qui lui conféra encore plus de force. Depuis toute l'armée de Genghis Khan consommait du lait de jument fermenté appelé kumiss ce qui les emmena à plus de victoires (**Bourlioux, 2007**).

Les bactéries fermentant le lait et faisant du yaourt n'ont été identifiées qu'au XXe siècle par Élie Metchnikoff, élève de Pasteur après avoir été isolés par Rist et Khoury deux médecins français en 1902 à partir d'un échantillon de leben égyptien (**Bourlioux, 2007**).

En 1917, à Barcelone Isaac Carasso produit du yaourt selon des procédés industriels et lance la marque « Danone » tirée du prénom de son fils Daniel, elle est vendue exclusivement en pharmacie pour traiter les problèmes intestinaux des bébés (**Bourlioux, 2007**).

En 1922, Danone a commencé à produire commercialement du yaourt à Madrid, en Espagne, marquant ainsi le début de la production de yaourt en Europe. Au cours des décennies suivantes, en particulier à partir des années 1950, la technologie du yaourt et la connaissance de ses caractéristiques ont progressé de manière significative. En conséquence, le marché offre aujourd'hui une large gamme de types et d'arômes de yaourts (**Chandan et al., 2017**). De nos jours, les yaourts font partie de notre alimentation et se trouvent dans tous les supermarchés.



## I.2. Définition

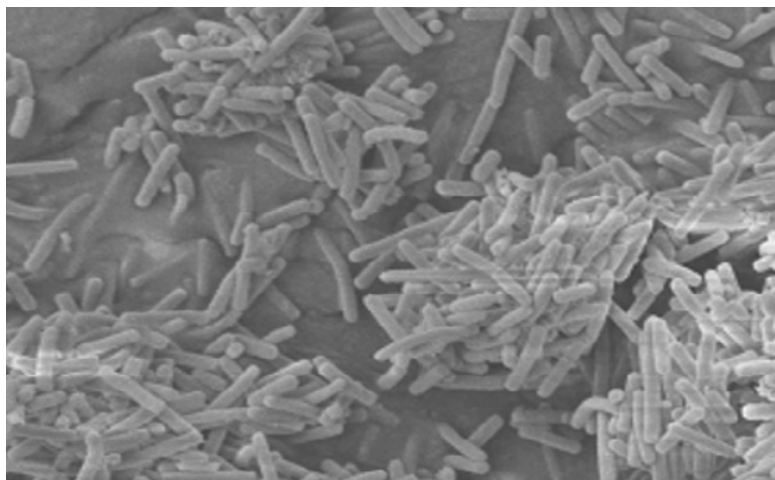
En se référant au codex alimentarius de 1995 la dénomination "yaourt" est réservée uniquement au produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique sous l'action des deux ferments spécifiques *Lactobacillus* subsp *dulbrueckii bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait et des produits laitiers (lait pasteurisé, lait pasteurisé partiellement écrémé ou lait concentré partiellement écrémé, lait écrémé pasteurisé ou lait écrémé concentré, crème pasteurisée ou un mélange de deux ou plusieurs de ces produits), avec ou sans ajouts facultatifs. Les micro-organismes présents dans le produit fini doivent être viables et abondants à raison de  $10^6$  UFC/g à DLC. (CODEX STAN 192-199).

## II. Ferments lactiques utilisés

Les seules bactéries utilisées pour produire le yaourt sont *Lactobacillus dulbrueckii subsp bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Elles ont le statut generally recognized as safe (GRAS) attribué par la Food and Drug Administration (FDA) aux Etats-Unis et possèdent le statut qualified presumption of safety (QPS) délivré par l'European Food Safety Authority (EFSA) (Béal et Helinck, 2019).

### II.1. *Lactobacillus bulgaricus*

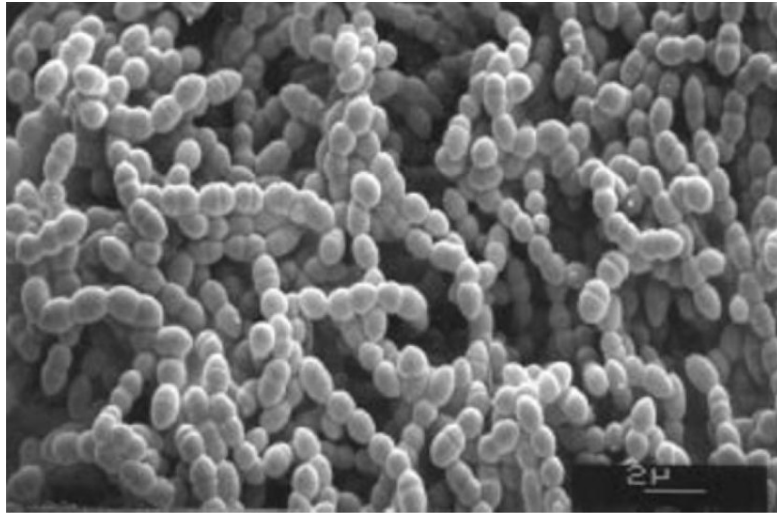
*Lactobacillus bulgaricus* est une bactérie lactique thermophile, asporulé, Gram positif en forme de bâtonnet, se développe en chaînes de longueur variable mais souvent sous forme de chaîne de trois à quatre cellules ( $0,5-0,8 \times 2,0-9,0 \mu\text{m}$ ), avec un métabolisme homofermentaire produisant de grandes quantités d'acide lactique à partir de sucres fermentescibles, essentiellement le lactose dans le cas de la transformation du lait. Sa température de croissance se situe entre 43 à 45 °C (Béal et Helinck, 2019 ; Narvhus et Abrahamsen, 2021).



**Figure 1** : Image illustrant la morphologie cellulaire de *L. bulgaricus* observée sous un microscope électronique à balayage (Gong et al., 2019).

## II.2. *Streptococcus thermophilus*

*Streptococcus thermophilus* est une bactérie lactique, Gram positif qui se présente en forme sphérique à ovoïde de moins de 1µm de diamètre, en paires et en chaînes, elle est immobile. Ces bactéries comme leurs noms l'indiquent sont thermophiles pouvant tolérer une température de 60 °C pendant 30 min (Tamime et al, 2003), avec une température optimale de croissance de 40-45 °C, et un minimum de 20-25 °C. Elle est homofermentaire et fermente un nombre limité de sucres, dont le lactose, le fructose, le saccharose et le glucose. *Streptococcus thermophilus* ne fermente pas le galactose lors du métabolisme du lactose (Harnett et al., 2011).



**Figure 2 :** Image illustrant la morphologie cellulaire de *S. thermophilus* observée sous un microscope électronique (Tamime et Robinson, 2007).

## II.3. Interaction entre les ferments du yaourt

L'interaction entre *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* dans le yaourt est décrite en tant que relation de proto-coopération. Cette dernière permet une stimulation mutuelle de leurs capacités métaboliques, ce qui augmente la vitesse d'acidification du milieu (production d'acides et d'arômes) et la croissance bactérienne. En effet, *S. thermophilus* produit de l'acide pyruvique, de l'acide formique, de l'acide folique, de l'acide lactique et du CO<sub>2</sub> qui stimulent la croissance de *L. bulgaricus*. À son tour, *L. bulgaricus* produit des peptides et des acides aminés qui stimulent la croissance de *S. thermophilus* grâce à l'expression de la protéase PrtB, car cette dernière n'est que faiblement protéolytique par rapport à *L. bulgaricus*. Cette association bénéfique a des effets positifs sur le plan métabolique et technologique, qui agrément le produit fini dans la texture et le goût (Béal et Helinck, 2019; Mihail et al, 2009).

La co-culture de *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* permet la production de plus de 10 g d'acide lactique au cours d'une période d'incubation de 4 heures. Alors qu'en culture individuelle *S. thermophilus* peut produire environ 4 g d'acide lactique et *L. bulgaricus* environ 2 g d'acide lactique (Narvhus et Abrahamsen, 2021).

### III. Processus de fabrication de différents types de yaourt

Le processus de production du yaourt nécessite un suivi méticuleux durant chaque étape, ces étapes peuvent varier selon le type de yaourt fabriqué (Annexe 02, figure 02). Ce processus commence par la collecte du lait et sa standardisation en matière grasse et matières sèches non grasses, le mélange liquide/solide est généralement homogénéisé avec des températures comprises entre 55 et 80 °C (131-176 °F), avec des pressions d'homogénéisation entre 10 et 20 MPa afin d'éviter la remontée de la matière grasse pendant la fermentation (Chandan et O'Rell, 2013).

Le lait homogénéisé est soumis à une pasteurisation à 95 °C pendant 5 min dans le but d'éliminer les agents pathogènes et les micro-organismes d'altération (Soukoulis et al., 2007).

Après pasteurisation le lait est refroidi à 42 °C, température optimale pour la croissance des ferments lactiques, ces derniers sont rajoutés au lait avec un ratio de 2% et homogénéiser pour avoir la même charge de ferments dans tout le lait (Kaur et al., 2017).

Après l'inoculation du lait les étapes qui suivent dépendent de chaque type de yaourt, on peut distinguer essentiellement 4 types cité ci-dessous :

#### III.1. Yaourt « ferme »

Le lait estensemencé puis directement conditionné dans les pots, lesquels passent dans une étuve à 42 °C pendant environ trois à cinq heures, condition favorable au développement des ferments qui se multiplient par millions et digèrent une partie du lactose, en produisant de l'acide lactique. A la fin de la fermentation les pots sont acheminés vers un tunnel de refroidissement et stockés à 4 °C dans des chambres froides, il faut savoir qu'au moment de conditionnement des arômes et des colorants peuvent être ajoutés (Marie Luquet et Corrieu, 2005).

#### III.2. Yaourt « brassé »

Le yaourt brassé se fait dans les cuves appelée « tank de maturation », le laitensemencé est laissé fermenter à 42 °C. la fermentation est arrêté lorsque le pH atteint la valeur cible, Le caillé obtenu est brassé, puis refroidi a des températures avoisinant les 20 °C. A ce moment les préparations de fruits ou autres additions sont rajoutés, les pots sont conditionnés puis stockés en chambre froide à 4 °C (Marie Luquet et Corrieu, 2005).

### III.3. Yaourt « à boire »

Le yaourt à boire à une texture liquide pour être consommé sans cuillère, comme une boisson. Il suit le même processus que le yaourt brassé à un détail près. Après avoir été brassé, il est battu dans les cuves jusqu'à l'obtention de la texture souhaitée et enfin conditionné en bouteilles et stockés à 4 °C (Béal et Helinck, 2019).

### III.4. Yaourt « concentré »

L'élaboration des yaourts concentrés permet l'augmentation de leur teneur en matière sèche, notamment protéique. Les procédés utilisés pour cette concentration ont connu un développement important grâce à la lancée du marché des yaourts de type « Grec ». La production industrielle se fait soit avec des systèmes de séparation mécanique par centrifugation (par exemple 5 min à une accélération pouvant varier de 4000 à 11 700 g), soit avec des procédés de séparation membranaire (association de 2 à 4 modules d'ultrafiltration) (Béal et Helinck, 2019). Selon le codex alimentarius de 2003 le yaourt grec est un lait fermenté dont la teneur en protéines a été augmentée avant ou après fermentation à un minimum de 5,6% (CODEX STAN 243-2003).

## IV. Composition du yaourt

La liste complète des ingrédients utilisés doit être mentionnée sur l'étiquette par ordre décroissant de leur poids initial (m/m) au moment de la fabrication du produit (CODEX STAN 1-1985). En se référant au codex alimentarius de 2003 amendée en 2022 la composition indiquée pour le yaourt est listée dans le tableau (1) (CODEX STAN 243-2003).

**Tableau 1** : composition indiquée pour le yaourt (CODEX STAN 243-2003).

Protéines du lait (% m/m)	Minimum 2,7 %
Matière grasse du lait (% m/m)	Inférieur à 15%
Acidité titrable, exprimée en % d'acide lactique (% m/m)	Minimum 0,6 %
Charge de microorganismes constituant le levain dans (UFC/g)	Minimum $10^7$

## V. Aliments additionnés au yaourt

Les aliments additionnés dans le yaourt sont incorporés avant la fermentation pour les yaourts fermes (sucres, arômes, colorants) et après la fermentation au moment du conditionnement pour les yaourts brassés. Le yaourt peut être enrichi avec des fruits, des fruits secs, des graines, des confitures, des marmelades, des céréales...etc. ces ajouts peuvent être apportés à hauteur de 30 % maximum en poids. Afin de réduire l'acidité des produits et de

modifier sa saveur, le lait peut être additionné de sucre ou d'agents sucrants avant la fermentation (**Béal et Helinck, 2019**).

La liste des additifs autorisés (régulateurs d'acidité, agents de carbonations, colorants, émulsifiants, exaltateurs d'arôme, stabilisants et épaississants et édulcorants) dans les laits fermentés est consultable sur codex Alimentarius de 2003 (**CODEX STAN 243-2003**).

## **VI. Ajouts de microorganismes à effet probiotique dans le yaourt**

À partir des recherches menées par Metchnikoff en 1908, il a été démontré que les bactéries lactiques ingérées vivantes pouvaient avoir un effet bénéfique. De ce fait la notion de « probiotique » a émergé et a donné lieu à diverses définitions au fil du temps (**Bernardeau et Vernoux, 2009**).

Aujourd'hui la définition utilisée est celle publiée par un comité d'experts réunis par la Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Elle précise que les probiotiques sont : « des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantité adéquate, confèrent un bénéfice pour la santé de l'hôte au-delà de l'effet nutritionnel premier » (**FAO/OMS, 2001**).

En plus des ferments spécifiques au yaourt d'autres bactéries auxiliaires à effet probiotique peuvent être rajoutés pour leur effet bénéfique sur la santé (**Marie Luquet et Corrieu, 2005**). Tels que l'amélioration de l'équilibre de la flore intestinale et du transit (**Marteau et Shanahan, 2003; Mercenier et al., 2003**), modulation du système immunitaire (les probiotiques stimulent la réponse immunitaire innée et adaptative) (**Heyman, 2007**) ainsi qu'un effet antioxydant (production de métabolites à effet antioxydant et qui réduisent le stress oxydatif) (**Feng et Wang, 2020**).

Les genres bactérien les plus utilisés sont *Bifidobacterium* et *Lactobacillus* tels que *B. bifidum*, *B. infantis*, *B. Longum*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. brevis* ...etc (**Shah, 2013**). Les levures peuvent aussi être utilisés et les espèces les plus utilisés sont *Sacharomyces boulardii* et *Sacharomyces cerevisiae* (**Fietto et al., 2004**).

## **VII. Effets bénéfiques du yaourt sur la santé**

Les yaourts ont des propriétés spécifiques liées aux ferments lactiques et aux métabolites qui sont issus de la fermentation. Ces ferments lactiques possèdent des effets probiotiques, plusieurs études ont démontré leurs effets bénéfiques sur la santé tels que la réduction de diarrhée infectieuses et post-antibiothérapie, améliorer favorablement le microbiote intestinal chez les sujets sains, modulation du système immunitaire. Des effets favorables ont également été observés sur la pression artérielle et plein d'autres (**Lecerf, 2020**).

## VII.1. Effet sur l'intolérance au lactose

Le lactose est un sucre présent naturellement dans le lait, il est constitué de glucose et de galactose et il est hydrolysé au niveau de l'intestin grêle par la  $\beta$ -galactosidase. Le déficit de cette lactase entraîne la diminution de l'hydrolyse du lactose ce qui va provoquer une fermentation colique engendrant la production de gaz qui causera des ballonnements, des douleurs abdominales et même des diarrhées. Les ferments lactiques présents dans le yaourt sont toujours actifs dans le tube digestif ce qui permet une bonne hydrolyse et digestion du lactose présent dans le yaourt. C'est pourquoi les yaourts sont parfaitement tolérés chez les personnes intolérantes au lactose par déficit en lactase (Lecerf, 2020).

## VII.2. Effet sur le microbiote

La consommation de yaourt est souvent conseillée pour lutter contre les diarrhées surtout chez les enfants. L'ingestion de ferments lactiques peut contrer la prolifération de plusieurs souches pathogènes par divers mécanismes tels que la production de substances inhibitrices, l'abaissement du pH par les acides produits, la détoxification par dégradation des entérotoxines, la prévention de la synthèse d'amines toxiques, l'adhésion aux cellules épithéliales du tube digestif empêchant la colonisation de pathogènes, ou l'effet barrière par compétition métabolique s'il n'y a pas d'attachement (Savadogo et Traore, 2011).

## VII.3. Effet hypocholestérolémiant

Il est rapporté dans les ouvrages que la première observation sur l'effet hypocholestérolémiant des bactéries lactiques est observée chez les tribus Masaï, qui pratiquent l'élevage du bétail, le taux bas de cholestérol dans leurs sangs s'explique par la consommation journalière de lait fermenté par des souches sauvages de bactéries lactiques. Puis des études ont démontré que la microflore intestinale a un effet direct sur la teneur en cholestérol du sang et que les bactéries lactiques ont la capacité d'assimiler le cholestérol par l'inhibition de la conversion de l'acétate en cholestérol (Savadogo et Traore, 2011).

## VII.4. Effet sur la qualité de l'alimentation

Le yaourt est une source riche en nutriments (protéines, vitamines, minéraux...). Plusieurs études épidémiologiques sur des adultes et des enfants ont montré que la consommation de produits laitiers contribuerait à un meilleur profil nutritionnel et une alimentation saine variée et équilibrée. Une alimentation saine conduit à un meilleur contrôle du poids, de la tension artérielle et d'autres pathologies (Lecerf, 2020).

## VIII. Enrichissement des yaourts

Le yaourt peut être enrichi avec des fruits (frais, sec, en confitures, en gelés et en marmelades), des céréales (blé, orge, seigle, avoine...), des graines (chia, lin, tournesol...) et plein d'autres aliments, à condition de respecter les normes applicables pour chaque aliment ajouté (CODEX STAN 243-2003).

### VIII.1. Enrichissement avec les fruits

La plupart des fruits constituent une source exclusive de nutriments essentiels au bon maintien de la santé humaine. Ainsi, une consommation accrue de fruits réduit considérablement les risques de maladies liées à la malnutrition (Mohammed et al., 2020). L'organisation mondiale de la santé (OMS) indique que la consommation d'au moins 400 g, soit cinq portions, de fruits et légumes par jour réduit le risque de maladies non transmissibles tels que le diabète, les cardiopathies, les accidents vasculaires cérébraux et le cancer, et permet de garantir un apport quotidien suffisant en fibres alimentaires. L'enrichissement du yaourt avec un fruit va permettre la consommation de plus de fruits et augmenter le taux de nutriments consommés (FAO/OMS, 2003).

#### VIII.1.1. Enrichissement avec la Banane

La banane est un fruit tropical, riche en glucides, fibres alimentaires, certaines vitamines, minéraux, composés phénoliques et antioxydants. En conséquence, la consommation de banane est associée à la santé de ce fait à la réduction des risques de maladies en plus de ces propriétés organoleptiques. Pour toutes ces caractéristiques la banane est l'un des fruits les plus consommés au monde (Macedo et al., 2020).

#### VIII.1.2. Classification taxonomique de la banane

La banane consommée aujourd'hui *Musa acuminata* (triploïde) résulte d'un croisement entre *Musa acuminata* sauvage (diploïde) et *Musa balbisiana* (diploïde), dans le but d'obtenir un fruit sucré à chair douce et surtout sans grains (Seymour, 1993). La classification de *Musa acuminata* est démontré en (Annexe 04) (Yadav, 2021).

#### VIII.1.3. Effets bénéfiques de la banane

Les propriétés médicinales de certaines plantes restent un moyen très efficace de prévenir et contrer certaines pathologies. La banane fait partie de ces plantes et elle est reconnue pour ses effets antioxydants, anti-inflammatoires, antimicrobiens et nutritionnels (Oguntibeju, 2019).



La banane est considérée comme une bonne source d'antioxydants naturels grâce aux composés phénoliques qu'elle contient tels que les catéchines et les tanins (Yadav, 2021).

La résistance des microorganismes aux antibiotiques a nécessité la recherche d'alternatives telles que les plantes. La banane a été testée sur divers micro-organismes et a montré des effets inhibiteurs grâce à ses composés phénoliques (Oguntibeju, 2019).

## **VIII.2. Enrichissement avec les céréales à grain entières, brisées ou en flocons**

Les grains de céréales sont une source de fibres alimentaires et de micronutriments (vitamines, minéraux, etc.). Ils se caractérisent par leur richesse en amidon et leur taux élevé de protéines. Ils peuvent représenter une part significative des apports nutritionnels conseillés. Les recommandations nutritionnelles nationales et internationales encouragent l'augmentation de la consommation de glucides complexes, notamment par l'enrichissement des aliments par les céréales (Saulnier, 2012).

### **VIII.2.1. Enrichissement avec les flocons d'avoine**

Le grain d'avoine décortiqué peut être transformé pour produire des produits alimentaires à base d'avoine présentant des avantages pour la santé en raison de son potentiel nutritionnel. Actuellement, les ingrédients de l'avoine que l'on trouve fréquemment dans la littérature sont les flocons (également appelés flocons d'avoine ou flocons roulés), la farine, et le  $\beta$ -glucane purifié (Mao et al., 2022).

### **VIII.2.2. Classification taxonomique de l'avoine**

*Avena sativa* communément appelée avoine est classée en fonction de ses caractères morphologiques et génétiques (Annexe 04) (Al-Snafi, 2015).

### **VIII.2.3. Effets bénéfiques de l'avoine**

L'avoine grâce à ses propriétés nutritionnelles, exerce beaucoup d'effets pharmacologiques comprenant l'effet antioxydant, anti-inflammatoire, immunomodulateur, antidiabétique et bien d'autres (Singh et al., 2013).

L'effet immunomodulateur a été démontré par une étude faite sur des souris de laboratoire, les  $\beta$ -glucanes contenus dans l'avoine stimulent la libération de certaines cytokines améliorant ainsi la réponse immunitaire et la résistance aux pathologies (Estrada et al., 1997).



L'avoine a aussi des effets antioxydants permettant la réduction des risques cardiovasculaires et la prévention de l'oxydation du cholestérol LDL grâce à ses composants tels que les avénanthramides (Zhang et al., 2023).

### **VIII.3. Enrichissement avec les graines oléagineuses**

Les graines oléagineuses ont connu un développement énorme au cours des années, après l'étude de leurs bienfaits pour la santé, leur consommation a rapidement augmenté et conseillée (Dronne, 1994).

#### **VIII.3.1. Enrichissement avec les graines de chia**

Les graines de chia, source incontournable de nutriments, elles contiennent des acides gras  $\omega$ -3 sains, des acides gras polyinsaturés, des fibres alimentaires, des protéines, des vitamines et certains minéraux. Aujourd'hui les bienfaits des graines de chia dans les industries médicinale, pharmaceutique et alimentaire sont étudiés et leur consommation est fortement encouragée. (Knez Hrnčič et al., 2019).

#### **VIII.3.2. Classification taxonomique des graines de chia.**

La classification des graines de chia s'est faite d'après leurs caractères morphologiques et leurs valeurs nutritionnelles (Annexe 04) (Grancieri et al., 2019).

#### **VIII.3.3. Effets bénéfiques des graines de chia**

Au cours de ces dernières années, les plantes continuent d'être une source importante de composés utilisés pour la santé et la prévention des maladies. C'est ainsi le cas pour les graines de chia riches en propriétés nutritionnelles et bienfaits liés aux maladies cardiovasculaires, au diabète et au cancer (Moïse et al., 2022).

Les graines de chia contiennent un grand nombre de composés naturels dont les effets antioxydants sont démontrés tels que les tocophérols, les caroténoïdes et les flavonoïdes, qui peuvent neutraliser les radicaux cationiques et inhiber l'oxydation enzymatique. Les graines de chia possèdent aussi des composés antimicrobiens tels que les caryophyllènes qui ont montré des inhibitions sur plusieurs microorganismes et des effets anti cancéreux qui sont potentiellement liés aux avantages des acides gras ( $\omega$ -3,  $\omega$ -6,  $\omega$ -9) qui les constituent (Sudha, 2021).

# Matériel et Méthodes

## Matériel et méthodes

Ce travail a pour but de formuler des yaourts grecs additionnés de graines de chia, de flocons d'avoine et de purée de banane, et de suivre l'impact de ces additions sur le développement de la flore lactique ainsi que sur les caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles. Pour la réalisation de ce travail, nous avons effectué un stage au sein de la laiterie « SOUMMAM » (Annexe 01), pendant deux mois du 03 mars 2024 au 02 mai 2024.

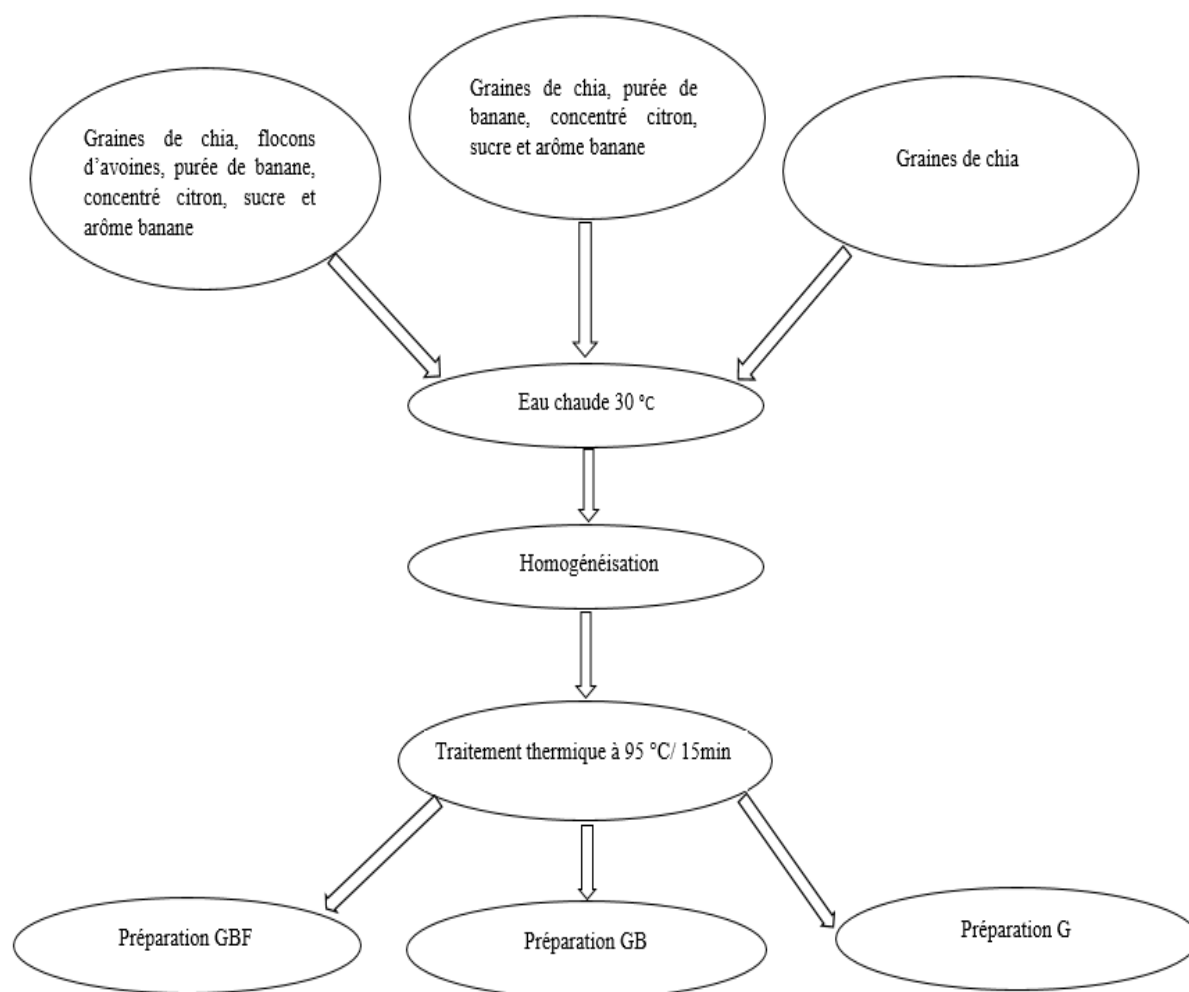
Les graines de chia utilisées sont de la marque « Dr organic », les flocons d'avoine sont de la marque « Cœur de céréales » et les bananes sont de la marque « Velarosa ». Tous ces aliments sont achetés au niveau du supermarché local. Pour ce qui concerne l'arôme banane, le concentré de citron, l'amidon, l'eau de process et la base lactée, ils sont fournis par la laiterie « SOUMMAM ».

### I. Elaboration des préparations

Plusieurs essais pour chaque préparation ont été réalisés dans le but d'obtenir la consistance et le goût souhaité. Pour la première préparation, à base de graines de chia, de flocons d'avoine et de purée de banane, cinq essais ont été réalisés où les proportions des graines de chia, des flocons d'avoine, de la purée de banane, ainsi que de l'eau et de l'arôme banane, ont été variées. Concernant la deuxième préparation, à base de graines de chia et de purée de banane, 4 essais ont été réalisés. Comme pour la première préparation, les proportions des mêmes ingrédients ont été modifiées, sauf les flocons d'avoine qui ont été éliminés de cette préparation. Pour ce qui est de la troisième préparation, elle contient seulement de l'eau et des graines de chia. Ainsi, 5 essais ont été nécessaires pour déterminer la quantité adéquate d'eau pour une quantité précise de graines.

## I.1. Processus de mise au point des préparations GBF, GB et G

Pour réaliser ces préparations plusieurs étapes ont été suivies comme démontré dans la figure ci-dessous :

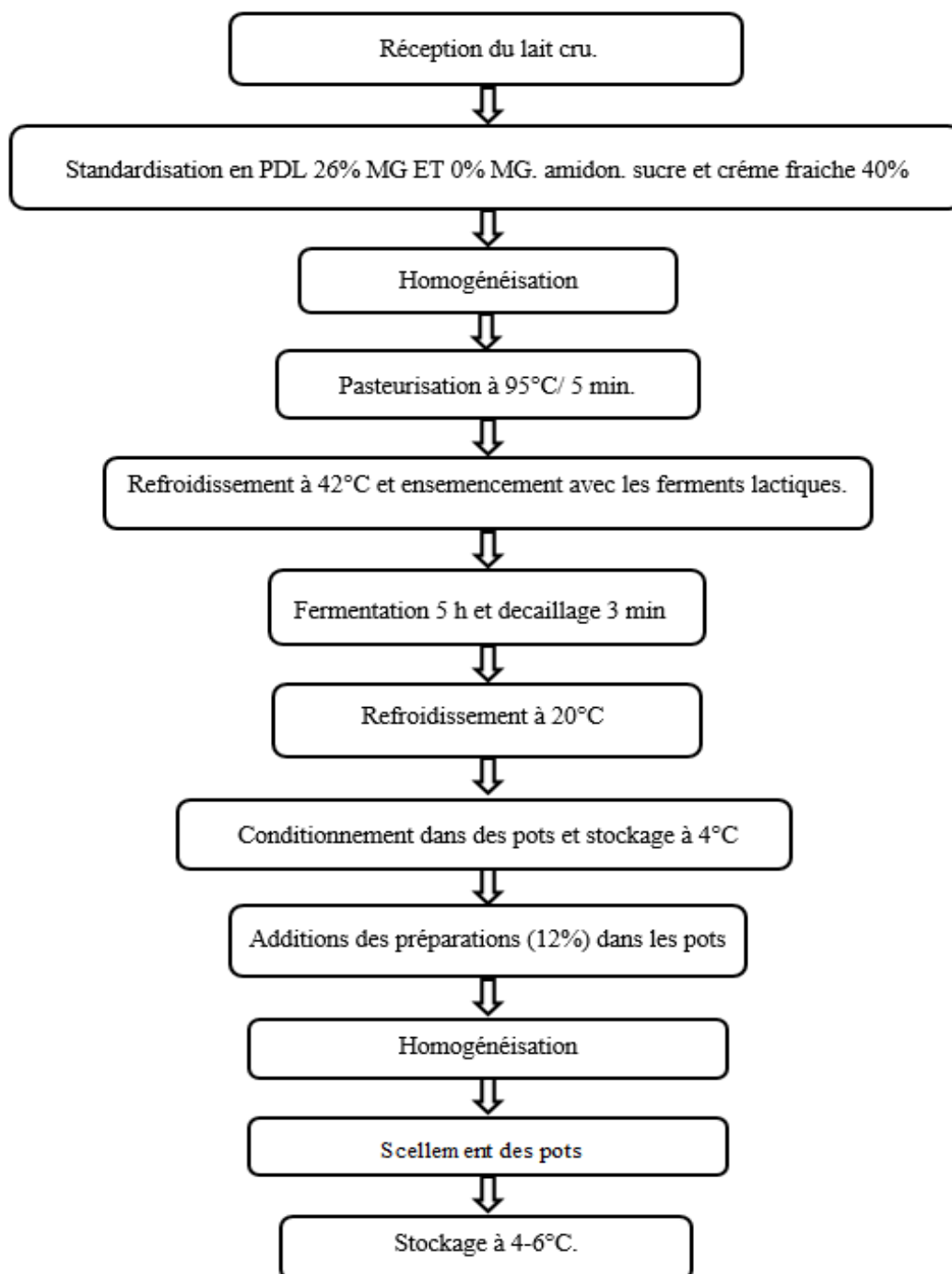


**Figure 3 :** Schéma illustrant le processus de mise au point des préparations GBF, GB et G.

## I.2 Formulation du yaourt grec avec les trois préparations réalisées

Le yaourt grec semi-fini, autrement dit la base lactée, a été produit au sein de la production de la SARL laiterie « Soummam » selon les étapes du processus de fabrication de l'entreprise qui consistent à standardiser le lait cru réceptionné avec les poudres de lait 26 % et 0 % de matière grasse, la crème fraîche 40 %, l'amidon et le sucre. Après homogénéisation et réhydratation pendant 20 min, le mélange subit un traitement thermique de 95 °C pendant 5 min puis refroidit à 42 °C et est inoculé avec les ferments lactiques, qui sont *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Après un temps de fermentation qui avoisine les 5 h, la fermentation est arrêtée avec un décaillage pendant 3 min. Le produit est refroidi aux alentours de 20 °C avec le système échangeur à plaques (eau glacée/ produit), puis conditionné

dans des pots et stocké à 4 °C. Les préparations réalisées ont été ajoutées aseptiquement dans les pots à raison de 12 %, puis homogénéisées avec la base lactée. Les pots ont été refermés avec une spatule en inox chauffée puis stockés à 4 °C pour pouvoir effectuer les analyses microbiologiques et physico-chimiques. Le mode opératoire de la formulation de ces yaourts est présenté dans la figure (4).



**Figure 4** : schéma représentatif de la formulation du yaourt grec additionné des trois préparations réalisées.

## II. Echantillonnage

Afin de déterminer les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des yaourts formulés ainsi que de la base lactée et de ses composantes, une étape d'échantillonnage a été effectuée.

Les matières premières composant le yaourt grec (les poudres 0% et 26%, le sucre, l'amidon et la crème fraîche) ont été prélevées en salle de préparation de manière aseptique, en raison de 200 g pour les aliments secs et une seringue de 20 ml pour la crème fraîche.

Pour les yaourts formulés, une base lactée industrielle conditionnée dans des pots a été utilisée. L'ajout des préparations dans les pots a été fait aseptiquement. Après homogénéisation, ces derniers ont été scellés et stockés à 4°C pour des analyses ultérieures.

## III. Analyses physicochimiques

En industrie l'analyse physicochimique se fait pour le produit semi fini et un jour après la production du produit fini afin de s'assurer de la stabilité des produits à analyser.

### III.1. Détermination du pH

Après avoir étalonné préalablement l'électrode du pH-mètre et rincé à l'eau distillée, celui-ci est directement plongé dans l'échantillon à analyser et la valeur de pH de ce dernier est obtenue par une lecture des résultats stabilisés sur l'écran du pH-mètre.

### III.2. Détermination de l'acidité titrable

La mesure de l'acidité titrable se réfère à la concentration totale de l'acide lactique dans l'échantillon. 10 g de yaourt ont été prélevés dans un bécher auquel 3 gouttes de phénolphthaléine à 1% (indicateur coloré) ont été rajoutées puis titré avec la solution de NaOH (1/9) jusqu'à virage de couleur en rose persistant. Le résultat est exprimé en degrés Dornic (°D) avec la formule ci-dessous (JORA n°58, 2015) :

$$\text{Acidité (°D)} = V \cdot 10$$

V : volume de la solution de NaOH indiqué sur la burette.

### III.3. Détermination de la teneur en matière grasse

Ce test est effectué d'après la méthode acido-butyrométrique (méthode de Gerber). 10 mL d'acide sulfurique à 82% ont été introduits dans un butyromètre sans toucher le col, auxquels sont ajoutés 5,5 mL d'eau distillée, 5,5 mL de yaourt et 1 mL d'alcool isoamylique à 95%. Le butyromètre est bouché et agité jusqu'à dissolution totale des particules, puis retourné et centrifugé pendant 10 min. La lecture du résultat se fait en multipliant la valeur lue sur le butyromètre par deux (ISO 19662, 2018).

### III.4. Détermination de l'extrait sec total (EST)

L'extrait sec total est la matière sèche qui reste après évaporation complète de l'eau. Au sein de l'entreprise « Soummam », le test est fait avec un dessiccateur automatique.

En ce qui concerne la poudre de lait, le programme du dessiccateur est réglé sur "poudre". Dans une coupelle en aluminium tarée, 4 g de poudre y sont déposés et la dessiccation commence. Le résultat est affiché en pourcentage de masse après un arrêt automatique. Pour ce qui est du yaourt, les mêmes étapes sont suivies à un détail près : le programme du dessiccateur est réglé sur "yaourt". Le résultat est également affiché en pourcentage de masse.

### III.5. Détermination de la conductivité électrique

Ce test est effectué dans le but de mesurer la capacité du yaourt à conduire le courant électrique, qui dépend de la présence et de la concentration d'ions dans le produit. L'électrode du conductimètre, préalablement étalonnée, est plongée dans l'échantillon de yaourt à  $25\text{ °C} \pm 0,1\text{ °C}$ . Le résultat est affiché sur l'écran de l'appareil en millisiemens par centimètre (mS/cm) (ISO 7888, 1985).

### III.6. Détermination de la teneur en polyphénols

La détermination de la teneur en polyphénols des trois yaourts formulés et de la base lactée a été effectuée sur les mêmes points de prélèvement réalisés dans les tests précédents (J1, J7, J14, J28), dans le but d'évaluer l'évolution de la teneur en polyphénols durant la période de conservation. Après l'extraction par macération, la détermination de la teneur en polyphénols a été réalisée selon la méthode décrite par Singleton *et al.*, (1999) avec modifications. Le principe de la méthode au réactif Folin Ciocalteu, une solution jaune contenant un complexe polymérique d'hétéropolyacides phosphomolybdiques ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) et de phosphotungstiques ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ), est basé sur la capacité de ce dernier à oxyder les phénols en ions phénolates en milieu alcalin en réduisant partiellement ces hétéropolyacides d'où la formation d'un complexe molybdotungstique bleu. Par conséquent, 2 mL du réactif Folin Ciocalteu à 0.2 N est ajouté à

100 µL d'extrait éthanolique, puis 2 mL de Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> à 3.5 % (m/m) est ajouté. Après incubation à l'abri de la lumière pendant 1 heure, la lecture est réalisée au moyen d'un spectrophotomètre UV/Visible (Thermo Fisher) à 760 nm. Les concentrations en composés phénoliques ont été déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (***Absorbance*  $\gamma_{760} = 0,0027 [TP] + 0,0203; R^2 = 0,9997$** ). La teneur en polyphénols a été exprimée en milligrammes équivalent d'acide gallique par 100 g du yaourt (mg EAG/100 g).

#### IV. Analyses microbiologiques

Les produits destinés à l'alimentation sont soumis à plusieurs analyses microbiologiques afin de détecter toute contamination et garantir la sécurité hygiénique du consommateur. Au sein de l'industrie, des échantillons de la matière première, du produit semi fini et du produit fini sont analysés pour chaque production.

##### IV.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

La préparation de la suspension mère et de ses dilutions décimales se fait dans le but de réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume et de faciliter l'examen microbiologique. La solution mère est préparée en pesant une quantité du produit, mélangée avec une quantité de diluant neuf fois plus grande, et homogénéisée si nécessaire avec un homogénéisateur. Les dilutions décimales suivantes sont réalisées en mélangeant un volume déterminé de la dilution primaire avec un volume de TSE (Tryptone Sel Eau) neuf fois plus grand, et en répétant cette opération sur chaque dilution ainsi préparée, jusqu'à obtention d'une gamme de dilutions décimales appropriée pour l'inoculation des milieux de culture (**ISO 8261, 2001**).

##### IV.2. Dénombrement de la flore totale aérobique mésophile (FTAM)

Le dénombrement de la flore totale aérobique mésophile est réalisé par ensemencement en masse sur la gélose PCA (Plate Count Agar) en raison de deux boîtes pour chaque dilution décimale. L'incubation est réalisée à 30 °C pendant 72 heures, des pré-lectures sont faites chaque 24 h jusqu'à 3 jours. Les boîtes ayant de 15 à 300 colonies sont retenues et les résultats sont exprimés d'après la loi ci-dessous par UFC par gramme ou par mL du produit (**ISO 4833-1, 2013**).

$$N = \frac{\sum \text{colonies}}{(n_1 + 0,1n_2) \cdot d}$$



- $N$  : nombre d'UFC par gramme ou par ml du produit.
- $\sum$  colonies : somme des colonies des boîtes retenues.
- $n_1$  : nombre de boîtes retenues à la première dilution retenue.
- $n_2$  : nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution.
- $d$  : facteur de la première dilution retenue.

### IV.3. Recherche et dénombrement des coliformes

Les coliformes représentent un contaminant courant du lait cru provenant de diverses sources environnementales et fécales. En industrie, la recherche des coliformes est utilisée comme indicateur de la sécurité d'hygiène (**Martin et al., 2016**).

À l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de l'échantillon à analyser est prélevé et transféré dans une boîte de Petri sur laquelle 15 ml de gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose) sont coulés. L'échantillon est soigneusement mélangé avec le milieu et laissé solidifier sur une paillasse propre. Après solidification, une double couche d'environ 4 ml de gélose VRBL est coulée (**ISO 4832, 2006**).

Pour le développement des coliformes totaux, les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant 24 heures, et pour le développement des coliformes fécaux, les boîtes ont été incubées à 44 °C pendant 24 heures.

### IV.4. Recherche et dénombrement des coliformes par la méthode Npp (nombre le plus probable)

Le dénombrement des coliformes totaux est effectué sur le milieu sélectif BLBVB (bouillon lactosé bilié au vert brillant) muni de cloches de Durham. Trois tubes pour chaque dilution ont étéensemencés pour trois séries de dilutions parallèles et incubés à 30°C pendant 48 heures. La lecture se fait à partir des tubes positifs (production de gaz visible dans les cloches de Durham par les coliformes), et le dénombrement est réalisé selon la méthode de Mac Grady (Annexe 06) (**JORA n°43, 2004**).

### IV.5. Recherche des coliformes fécaux

Pour la recherche des coliformes fécaux, l'entreprise « Soummam » utilise la méthode décrite ci-dessous : Des tubes d'eau peptonée sontensemencés à partir des tubes de BLBVB positifs et incubés à 44 °C pendant 48 heures. Après incubation, le réactif de Kovacs est ajouté, et l'apparition d'un anneau rouge indique la présence de coliformes fécaux.

#### IV.6. Dénombrement des levures et moisissures

Le dénombrement des levures et moisissures est réalisé sur la gélose YGC (Yeast Glucose Chloramphenicol). Pour cela, 1 ml de l'échantillon à analyser ou 1 ml de la suspension mère et/ou 1 ml de ses dilutions décimales sont transférés dans une boîte de Petri et homogénéisés avec 15 ml du milieu fondu et refroidi aux alentours de 45°C. Après solidification, les boîtes ont été incubées à 25°C pendant 5 jours (ISO 7954, 1987).

#### IV.7. Recherche des salmonelles

La recherche des salmonelles se fait en trois étapes essentielles. La première étape est le préenrichissement, qui consiste à mélanger 225 ml d'eau peptonée avec 25 g du produit pesé. Après homogénéisation, la solution est incubée à 37°C pendant 18 heures. La deuxième étape est l'enrichissement, dans cette étape, 10 ml du milieu Miller Kauffman et bouillon RVS (Rappaport-Vassilladis-Soja) sontensemencés avec 0,1 ml de la solution de préenrichissement, puis incubés à 37°C pendant 24 heures. La dernière étape est l'isolement, les cultures obtenues par enrichissement sontensemencées en stries à l'aide d'une anse de platine chacune séparément sur les deux géloses Hektoen et XLD (Xylose-Lysine-Désoxycholate). Ces dernières sont incubées à 37°C pendant 24 heures (ISO 6579-1, 2017).

La présence de salmonelles se manifeste par des colonies translucides généralement à centre noir. La confirmation se fait par les tests biochimiques et sérologiques appropriés (JORA n°42, 2005).

#### IV.8. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

Une série de 5 tubes contenant chacun 2 ml de la suspension a été traitée thermiquement à 80°C pendant 10 minutes. Chacun des tubes a été coulé avec environ 15 ml du milieu VF (Viande-foie) additionné de sulfite de sodium et d'alun de fer. Après solidification, une double couche est coulée. Les tubes ont été incubés à 46°C pendant 48 heures. La présence des *Clostridium sulfito-réducteurs* se manifeste par l'apparition de colonies noires (ISO 6461/1, 1986).

#### IV.9. Recherche et dénombrement des germes acidifiants

La méthode utilisée pour la recherche et le dénombrement des germes acidifiants est celle élaborée par l'entreprise « Soummam ». Elle consiste à mélanger et homogénéiser 10 ml de la solution mère avec 100 ml de gélose BCP (Bromo Crésol Pourpre), puis à répartir la solution sur 5 boîtes de Petri. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 heures.

## IV.10. Dénombrement de la flore lactique

### IV.10.1. Dénombrement de *Streptococcus thermophilus*

1 ml des dilutions décimales a été prélevé et ensemencé en masse sur la gélose M17 à raison de deux boîtes pour chaque dilution. Après homogénéisation et solidification du milieu, les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 heures (JORA n°43, 2004).

### IV.10.2. Dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus*

1 ml de la solution mère et des dilutions décimales a été prélevé et ensemencé en masse sur la gélose MRS (deMan, Rogosa, Sharpe) à raison de deux boîtes pour chaque dilution. Après homogénéisation et solidification du milieu, une double couche est coulée pour effectuer l'anaérobiose. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 heures (JORA n°43, 2004).

## IV.11. Test de fermentation

Le test de fermentation a été effectué pour les poudres de lait à 26% et 0% par une méthode élaborée par l'entreprise « Soummam » dans le but de mettre en évidence la présence d'inhibiteurs de l'activité des ferments lactiques. 12,5 g de poudre ont été pesés et introduits dans un flacon de 250 ml, puis ajustés avec l'eau de processus jusqu'à 100 ml. Après homogénéisation, les deux flacons ont été placés dans un bain-marie pour une pasteurisation à 95°C pendant 10 minutes. Le lait pasteurisé est laissé refroidir aux alentours de 43°C, puis ensemencé avec 10 ml de yaourt étuvé préalablement homogénéisé et incubé à 43°C pendant 4 à 5 heures.

## IV.12. Test d'antibiotiques

La recherche de la présence d'antibiotiques dans les poudres de lait à 26% et 0%, ainsi que dans le lait cru, s'effectue avec le Delvo-test (Le Breton et al., 2007). Dans un flacon, 12,5 g de poudre ont été homogénéisés avec 100 ml d'eau de processus et stockés à 4°C. Une ampoule SP-NT est ensemencée avec 1 ml pour chaque échantillon préparé, puis incubée dans un incubateur sous tension réglé entre 63,5°C et 64,5°C pendant 2 heures et 45 minutes (cette méthode est conçue par l'entreprise « Soummam »).

Le résultat se manifeste par un changement de couleur : la couleur jaune indique l'absence d'antibiotiques et la couleur mauve indique leur présence (Stead et al., 2008).

## V. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est une discipline qui utilise tous les sens des dégustateurs afin d'évaluer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité d'un produit alimentaire ou autre (Watts *et al*, 1989).

Le but de l'analyse sensorielle réalisée est d'amener les dégustateurs à goûter les 4 échantillons étudiés (3 échantillons formulés et la base lactée utilisée comme témoin), puis d'essayer de discriminer quelques différences organoleptiques préalablement précisées dans un questionnaire en mettant l'ordre de préférence entre les échantillons de 1 à 4.

### V.1. Formulation du questionnaire

Le questionnaire pour l'analyse sensorielle a été formulé en se basant sur des caractéristiques organoleptiques précises telles que la sucrosité du produit, la quantité de fruits, la texture en bouche, l'acidité, l'odeur, et l'intensité de l'arôme en bouche (voir Annexe 07). L'ensemble de ces caractéristiques est pris en compte par le panel, composé d'une vingtaine de personnes du laboratoire d'analyse et de contrôle qualité de la laiterie "SOUMMAM", afin de déterminer les préférences individuelles pour chaque échantillon évalué.

### V.2. Critères du choix des dégustateurs

Les individus choisis pour l'analyse sensorielle doivent répondre aux critères cités ci-dessous (ISO 6658, 2017) :

- Capacité générale à réaliser certaines tâches sensorielles spécifiques.
- Disponibilité par rapport au travail habituel.
- Motivation (volonté et intérêt).
- Bonne santé (y compris l'absence d'allergies particulières ou de traitement médicamenteux particuliers) et bonnes conditions dentaires et d'hygiène générale.

### V.3. Déroulement de la séance de dégustation

La séance de dégustation a eu lieu dans le bureau du chargé de dégustation de la laiterie "Soummam". Avant de commencer, un ensemble de matériels a été fourni aux dégustateurs, incluant des bouteilles d'eau, des gobelets et des cuillères jetables, des serviettes en papier, ainsi que le questionnaire à remplir. Les échantillons de yaourts ont été attribués dans un ordre différent, et les dégustateurs devaient déguster chaque échantillon alternativement dans l'ordre donné, puis répondre aux questions du formulaire. Ils devaient veiller à se rincer la bouche avec de l'eau pour empêcher le mélange des saveurs et faciliter la distinction entre chaque échantillon.

## **VI. Analyse en composante principale des paramètres étudiés**

Les données obtenues durant le suivi microbiologique et physicochimique et de l'analyse sensorielle ont été traitées par analyse en composantes principales (ACP) à l'aide du logiciel FactoMineR. L'analyse en composantes principales a été effectuée à l'aide de la version R 3.5.2 ([www.r-project.org](http://www.r-project.org), R foundation for statistical computing).

# Résultats et discussion

## Résultats et discussion

Dans cette partie les résultats des analyses microbiologiques, physicochimiques et sensorielles des yaourts formulés ainsi que la matière première utilisée seront détaillés.

### I. Analyses physicochimiques

#### I.1. Poudre de lait

Les résultats physicochimiques des poudres du lait 26% et 0% sont démontrés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2** : résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait.

Paramètre	Poudre 26%	Poudre 0%	Normes d'entreprise
pH	6,55	6,67	6,5-6,7
Acidité °D	14	16	12-16
Matière grasse %	26,3	0,1	/
Teneur en protéines %	23	3,19	/
Taux d'humidité	3,00	4,02	< 5%

La mesure du pH et la détermination de l'acidité titrable sont utilisées en industrie pour détecter la fraîcheur du lait cru. Si l'acidité dépasse 18 °D, le lait doit être détruit (**Debouz et al., 2014**). Les résultats du pH des poudres de lait à 26 % et 0 % sont de 6,55 et 6,67 respectivement, et ceux de l'acidité sont de 14 et 16 respectivement, ce qui est conforme aux normes de l'entreprise. Cela indique que les sacs de poudre sont conservés dans de bonnes conditions et que les poudres sont fabriquées à partir d'un lait frais.

Le résultat de la matière grasse des deux poudres de lait, à 26 % et 0 %, est de 26,3 % et 0,1 %, ce qui est parfaitement acceptable. Un écart de 0,3 et 0,1 % pourrait s'expliquer par de faibles teneurs résiduelles pendant la production.

Le résultat de la teneur en protéines des poudres de lait a été donné par le Milko-scan et elle est de 23 % pour la PDL 26 et de 3,19 % pour la PDL 0 %.

Les résultats du taux d'humidité des poudres de lait sont dans la norme indiquée par l'entreprise, qui est de < 5 %, ce qui indique la bonne conservation des sachets de poudre dans un endroit sec.

## I.2. Crème fraîche

Les analyses physicochimiques de la crème fraîche sont données dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3** : Résultats des analyses physicochimiques de la crème fraîche.

Paramètre	Crème fraîche	Normes d'entreprise
Ph	6,4	<b>6,4-6,7</b>
Acidité °D	11	<b>9-11</b>
EST %	41,32	<b>40-48</b>
Matière grasse %	40	<b>40-45</b>

Les résultats des analyses physicochimiques de la crème fraîche sont conformes aux normes exigées par l'entreprise. Comme c'est une crème non fermentée utilisée principalement pour donner une texture crémeuse au yaourt, elle a un pH et une acidité équivalents à ceux du lait. Cela s'explique par l'absence de levain bactérien ajouté, donc par l'absence de production d'acides organiques qui acidifieraient le milieu, abaissant ainsi le pH et augmentant l'acidité.

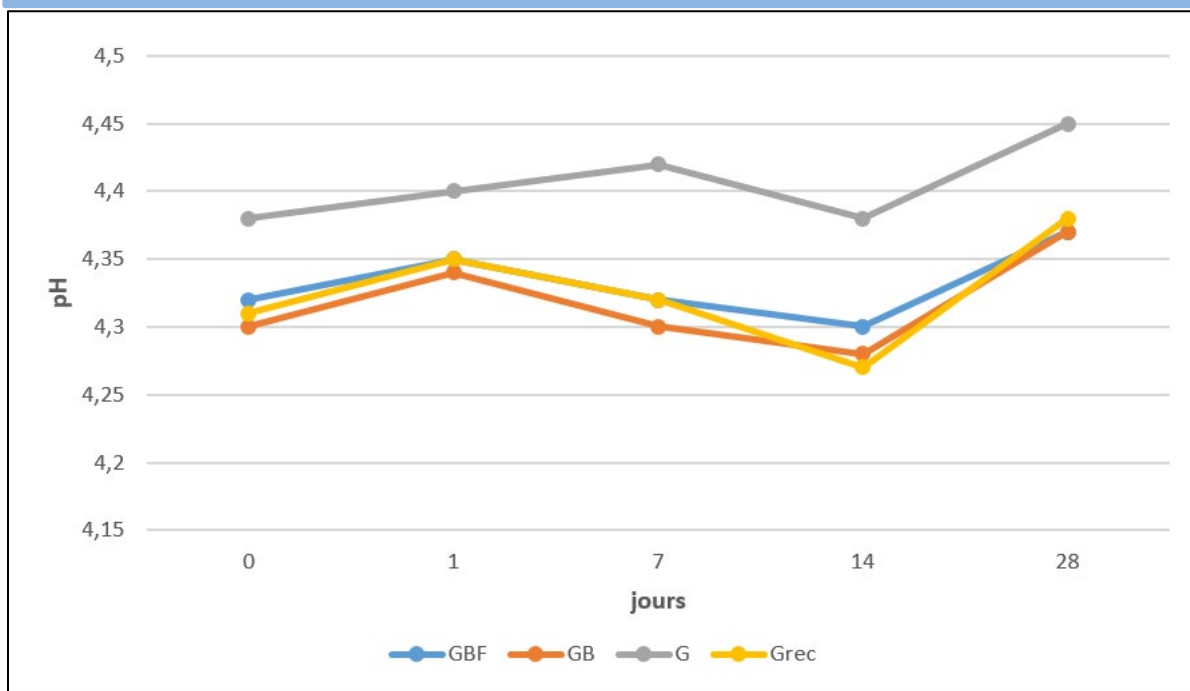
Les résultats de la matière grasse et de l'extrait sec total sont également conformes aux normes indiquées par l'entreprise, ce qui indique que la crème fraîche a des caractéristiques physicochimiques stables, assurant la production d'un produit fini fiable pour les consommateurs.

## I.3. Produit fini

### I.3.1. Mesure du pH

Le pH a été mesuré pour les 4 échantillons durant un mois (t0, j1, j7, j14 et j28) et les résultats sont démontrés dans le graphique ci-dessous :



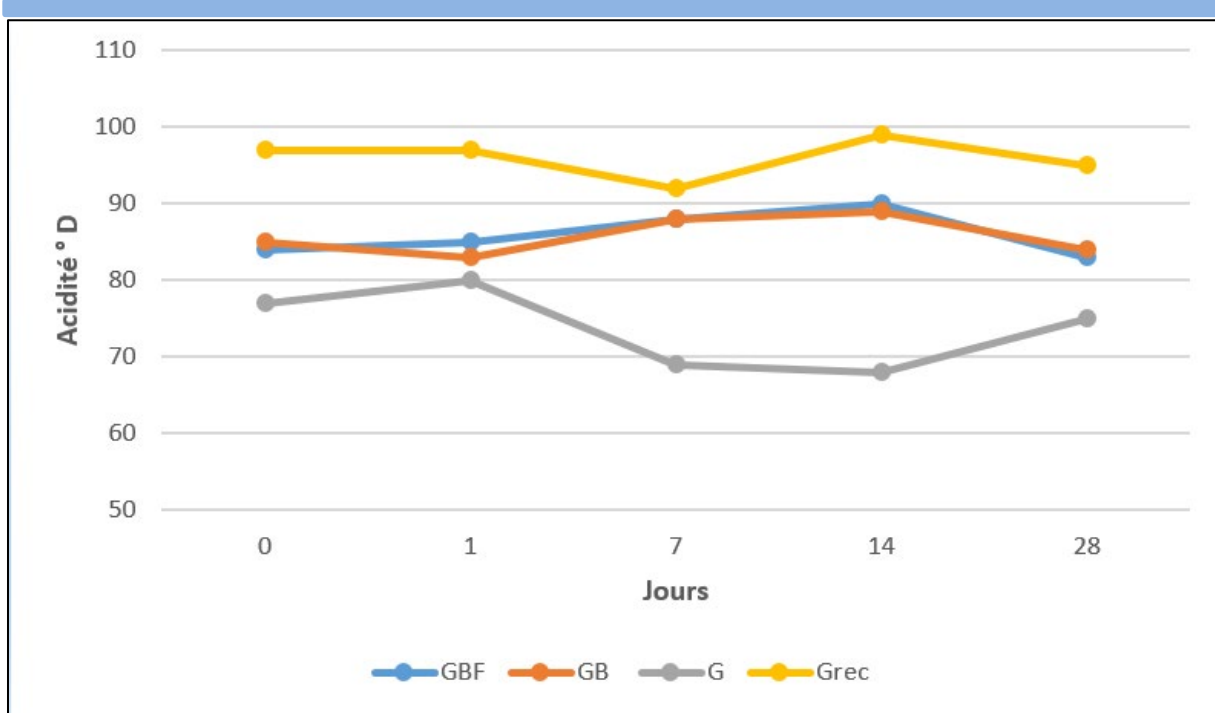


**Figure 5 :** Courbes du suivi du pH dans les yaourts formulés et la base lactée pendant un mois. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d’avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : base lactée industrielle de « Soummam ».

Les résultats du suivi du pH montrent que le yaourt grec et les formules GBF et GB présentent des valeurs relativement stables et proches, avec des plages allant de 4,31 à 4,38, 4,3 à 4,37, et 4,28 à 4,37 respectivement, indiquant que les préparations GBF et GB ne perturbent pas le pH de la base lactée. En revanche, la formule G présente des valeurs légèrement supérieures aux trois autres échantillons, allant de 4,38 à 4,45, mais reste stable. Cela est en accord avec les résultats rapportés par **Atik et al., (2020)** qui ont montré que l’enrichissement avec le mucilage des graines de chia n’affectait pas le pH. Néanmoins, tous les échantillons formulés ainsi que le yaourt grec restent dans l’intervalle de la norme indiquée par "Soummam", qui est de 4,1 à 4,6.

### I.3.2. Détermination de l’acidité titrable

L’acidité titrable des 4 échantillons a été suivie pendant un mois (t0, j1, j7, j14 et j28) et les résultats sont démontrés dans le tableau ci-dessous :



**Figure 6 :** Courbes du suivi de l'acidité titrable pour les trois yaourts formulés et la base lactée pendant un mois. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d'avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : base lactée industrielle de « Soummam ».

Les résultats de l'acidité titrable des deux formules GBF et GB sont presque identiques tout au long du suivi, ce qui fait que les courbes se superposent. Cela s'expliquerait probablement par la composition des deux préparations ajoutées, qui sont principalement faites de graines de chia et de purée de banane.

Le yaourt G présente les valeurs d'acidité les plus faibles de tous les échantillons, avec des valeurs allant de 68 °D à 80 °D. Ce résultat contredit ceux rapportés par **Atik et al., (2020)**; **Tazart et al., (2023)**, qui ont montré que les graines et le mucilage des graines de chia augmentent l'acidité dans le yaourt enrichi.

### I.3.3. Détermination de la matière grasse

Le taux de matière grasse pour les 4 échantillons a été suivi pendant un mois (t0, j1, j7, j14 et j28) et les résultats sont montrés dans l'histogramme ci-dessous :

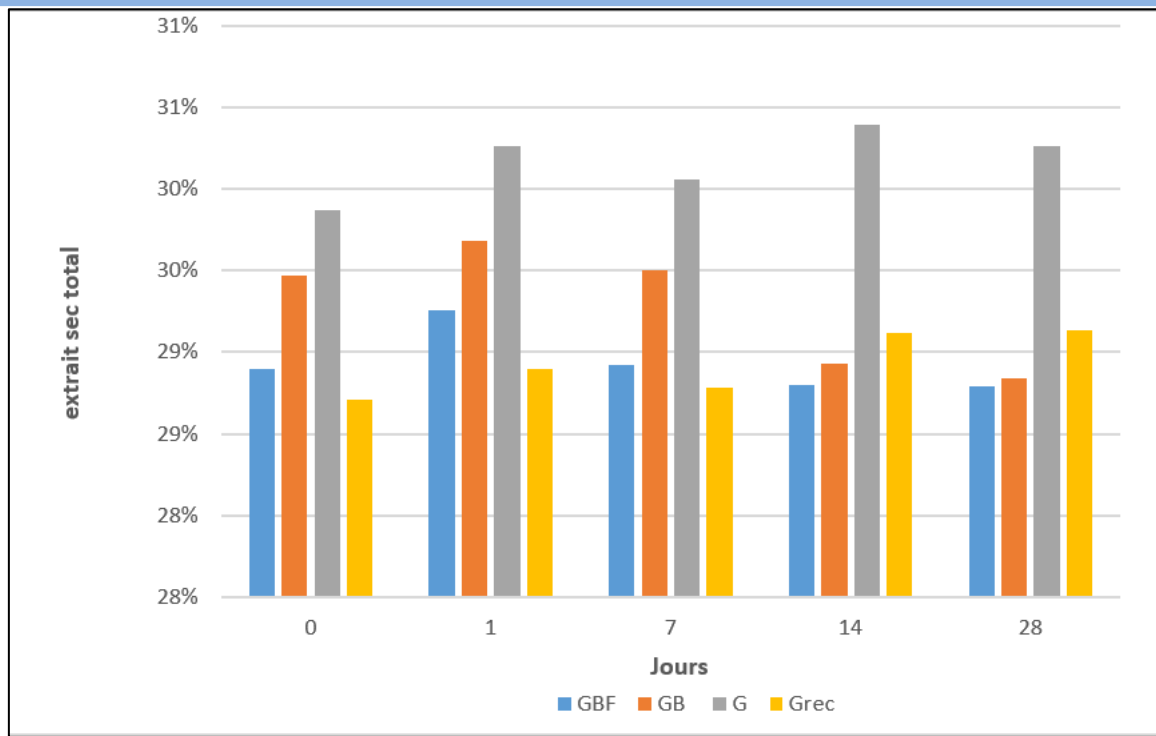


**Figure 7 :** Histogramme du suivi de la matière grasse pour les trois yaourts formulés et la base lactée. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d’avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : base lactée industrielle de « Soummam ».

Les taux de matière grasse du yaourt grec tout au long des 28 jours sont stables et dans l’intervalle de la norme indiquée par l’entreprise "Soummam", qui est de 7 % à 8 %. Ces résultats indiquent un bon contrôle des paramètres durant la production industrielle. Le pourcentage de matière grasse des trois formulations GBF, GB et G est inférieur à celui du yaourt grec.

### I.3.4. Détermination de l’extrait sec total

L’extrait sec total des 4 échantillons a été suivi pendant un mois et les résultats sont présentés dans l’histogramme ci-dessous :

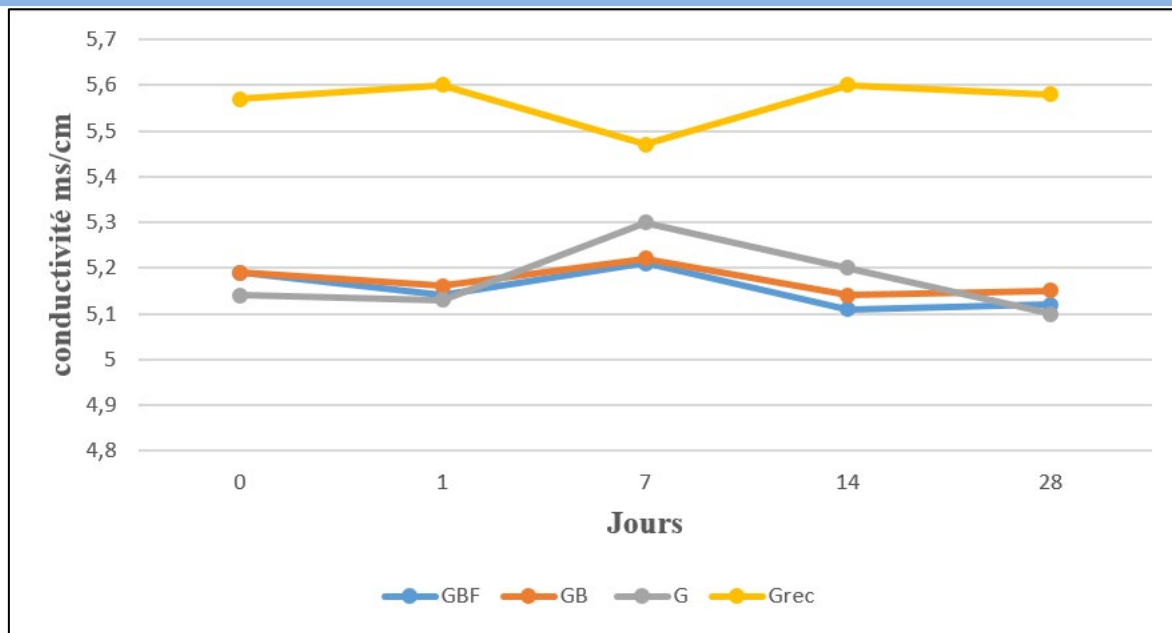


**Figure 8 :** Histogramme du suivi de l'extrait sec total des trois yaourts formulés et la base lactée pendant un mois. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d'avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : baqse lactée industrielle de « Soummam ».

Les valeurs d'extrait sec total pour chaque formulation restent stables durant la période de stockage. Néanmoins, elles présentent des différences d'une préparation à une autre. À la fin du 28ème jour de stockage, la valeur la plus élevée a été enregistrée pour G avec un pourcentage de 30,26 %, suivie par celle du yaourt Grec avec une valeur de 29,13 %, puis celle de GB avec une valeur de 28,84 %, et enfin celle de GBF avec un pourcentage de 28,79 %. Ces valeurs restent plus ou moins proches de la norme indiquée par l'entreprise, qui est de 27,25 à 28,25 %.

### I.3.5. Détermination de la conductivité électrique

La conductivité électrique a été mesurée pendant un mois (t0, j1, j7, j14 et j28) et les résultats sont montrés dans le graphique ci-dessous :



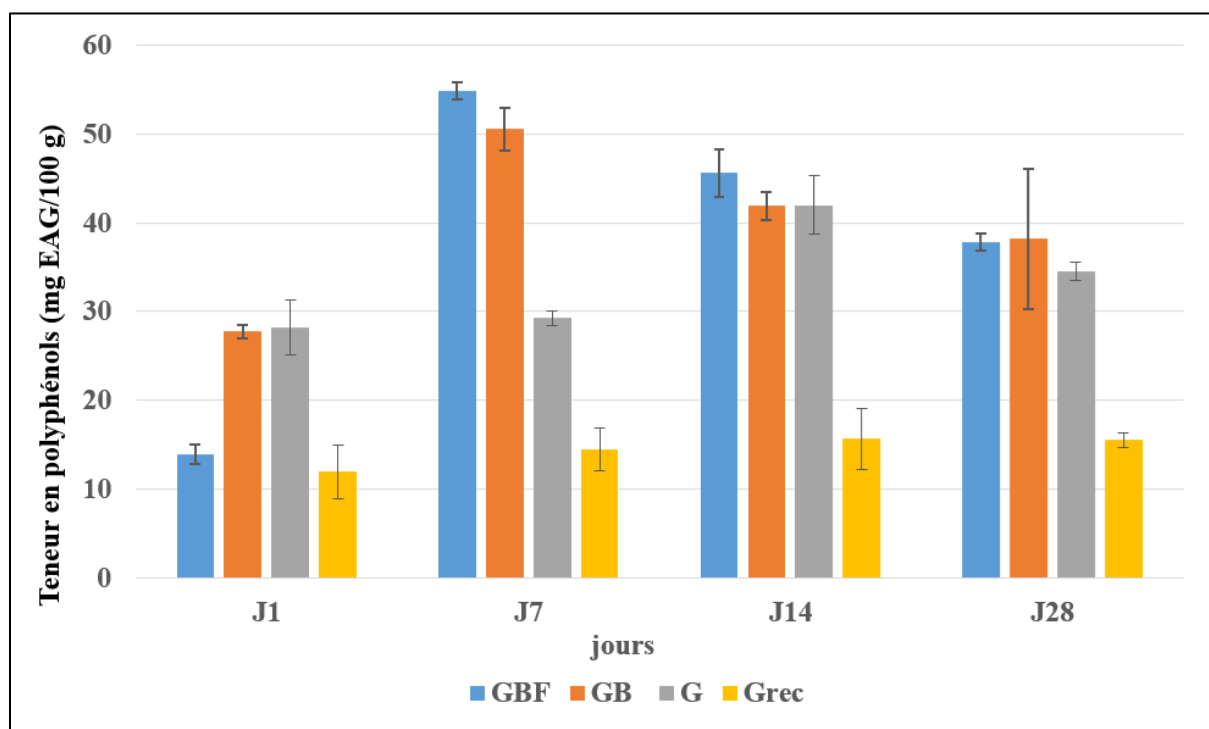
**Figure 9** : Courbes montrant le suivi de la conductivité électrique en ms/cm des trois yaourts formulés et la base lactée pendant un mois. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d'avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : base lactée industrielle de « Soummam ».

Suivre les valeurs de la conductivité est très important tout au long du stockage, car elle nous renseigne sur la stabilité du produit fini (Yeom *et al.*, 2004).

Les valeurs de la conductivité sont stables pour chaque préparation tout au long du suivi. La conductivité est liée à la composition des formulations et à l'activité métabolique des ferments lactiques, qui est réduite par la basse température et le fait qu'ils sont en phase stationnaire où la croissance de ces bactéries ralentit par manque de nutriments. Par conséquent, la production d'acide lactique est faible, ce qui n'influence pas la valeur de la conductivité (Ramdhani et Setiadi, 2019).

### I.3.6. Détermination des polyphénols

Les teneurs en polyphénols des trois yaourts formulés et la base lactée sont montrées dans la figure suivante :



**Figure 10 :** Evolution de la teneur en polyphénols des trois échantillons formulés et la base lactée pendant 28 jours. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d’avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : base lactée industrielle de « Soummam ».

Dans les formulations GBF et GB, la teneur en polyphénols a augmenté au 7<sup>ème</sup> jour pour atteindre une valeur de  $54,77 \pm 0,96$  et de  $50,51 \pm 2,45$  mg EAG/100 g respectivement. Probablement, cette augmentation ne peut être expliquer que par l’extraction spontanée des polyphénols dans la matière végétale vers le caillé car l’eau est un solvant efficace pour extraire les polyphénols fortement polaires (Naczki et Shahidi, 2004). En effet, le test de Student a montré que la différence n’est pas significative ( $p = 0,285$ ), concernant la teneur en polyphénols entre GBF et GB, au risque d’erreur de 5 %. Par contre, dans le cas de la formulation G, la différence est hautement pas significative ( $p = 0,943$ ) de J 1 à J 7. La teneur en polyphénols de la formulation G a atteint son maximum à J 14 contrairement à GB qui a montré une teneur en polyphénols optimal à J7, confirmé par le test de Fisher (LSD). Par conséquent on constate que la cinétique de l’extraction des polyphénols à partir de GB est plus rapide que celle du G, car la composition qualitative et quantitative varie en fonction de l’espèce végétale (Saphier et al., 2017; Bashmil et al., 2021).

D'après le test de Fisher combiné à l'ANOVA, il a été constaté qu'à partir du J7, la teneur en polyphénols des formulations GBF et GB ont commencé à diminuer pour atteindre des valeurs de  $37,82 \pm 0,97$  et  $38,20 \pm 7,86$  mg EAG/100 g respectivement à J28. Par contre, la teneur en polyphénols de la formulation G a commencé à diminuer à partir de J14 pour atteindre une valeur de  $34,52 \pm 1,03$  mg EAG/100 g à J28. En effet l'ANOVA, a montré une variation non significative ( $p = 0,696$ ) entre les trois formulations à J28 (à DLC), au risque d'erreur de 5 %. Probablement, d'après la littérature, cette diminution de la teneur en polyphénols enregistrée pour les trois formulations peut être expliquée par l'interaction des polyphénols avec la caséine et les protéines en général (Dupas et al., 2002; Hasni et al., 2011).

L'analyse statistique ANOVA a montré une variation non significative ( $p = 0,487$ ) concernant la teneur en polyphénols du contrôle. Autrement dit, le Grec a montré une teneur en polyphénols stable durant le suivi. En effet, la fermentation provoque une protéolyse en engendrant des peptides et libère des sucres réducteurs qui sont des interférents de la méthode d'analyse au réactif de Folin Ciocalteu (Pérez et al., 2023).

En résumé, cette analyse a montré que la teneur en polyphénols est maintenue jusqu'à la date limite de conservation alors que la teneur du contrôle est largement inférieure à celle des trois formulations, par conséquent la valeur biologique ou antioxydante est restée intacte jusqu'à la DLC.

## II. Analyses microbiologiques

### II.1. Matières premières

Les résultats microbiologiques des germes d'altération et pathogène des matières premières sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 4** : Résultats des analyses microbiologiques des matières premières.

Flore	Poudre 26%	Poudre 0%	Sucre	Amidon	Crème fraîche
FTAM	1,9. 10 <sup>2</sup> UFC/ml	1,5. 10 <sup>2</sup> UFC/ml	Abs	Abs	Abs
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Salmonelles	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
CSR	Abs	Abs	Abs	/	/
Germes acidifiants	/	/	1 colonie	/	/

**Abs** : absent.

L'analyse microbiologique de la matière première a montré une charge de  $1,9 \times 10^2$  UFC/ml pour la poudre 26% et de  $1,5 \times 10^2$  UFC/ml pour la poudre 0%. En ce qui concerne l'amidon, le sucre et la crème fraîche, aucune colonie n'a été détectée. Néanmoins, la charge trouvée dans les poudres de lait ne dépasse pas la norme autorisée par le **JORA n°35 (1998)**, qui est de  $2 \times 10^5$  UFC/ml.

La recherche et le dénombrement des germes acidifiants sont effectués uniquement pour le sucre ; une colonie a été détectée, ce qui signifie que le sucre utilisé est conforme à la norme du **JORA n°39 (2017)**, qui est de 5 UFC/ml.

Quant aux autres germes recherchés ou dénombrés, tels que les Clostridium sulfito-réducteurs, les salmonelles, les coliformes totaux et fécaux, ainsi que les levures et moisissures, les résultats



montrent leur absence totale dans toutes les matières premières utilisées, ce qui confirme les bonnes conditions d'hygiène dans la production et le stockage.

### II.1.1. Test de fermentation

Le test de fermentation a donné un résultat positif pour les poudres de lait 26% et 0% reconstituées. Cela indique que la fermentation a eu lieu et que le lait a coagulé sous l'influence des ferments présents dans le yaourt. En d'autres termes, les poudres de lait utilisées proviennent d'un lait dépourvu d'inhibiteurs bactériens.

### II.1.2. Test d'antibiotiques

Le Delvotest est utilisé pour confirmer l'absence d'antibiotiques dans le lait, et le résultat du test d'antibiotiques effectué sur les laits reconstitués avec les poudres (26% et 0%) est négatif, ce qui signifie que ces dernières sont exemptes d'antibiotiques. En effet, le non-respect du délai d'attente après l'administration d'antibiotiques chez les animaux entraîne l'accumulation de résidus dans le lait, ce qui pourrait provoquer des allergies chez les personnes sensibles ainsi que des résistances dues à une exposition prolongée à de faibles doses (**Mouliom Mouiche et al., 2024**).

## II.2. Préparations de fruits

Pour s'assurer que lors de la préparation des formulations les conditions d'hygiène ont été respectées, des analyses microbiologiques ont été effectuées et les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 5** : Résultats d'analyses microbiologiques des préparations de fruits.

Germes	Préparation à base de GC, FA et PB	Préparation à base de GC ET PB	Préparation à base de GC
FTAM	Abs	Abs	Abs
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs
Levures	Abs	Abs	Abs
Moisissures	Abs	Abs	Abs

**GC** : graines de chia, **FA** : flocons d'avoines, **PB** : purée de banane, **Abs** : absent.

Les résultats des analyses microbiologiques des préparations de fruits ont montré un résultat négatif pour tous les germes de contamination, ce qui indique le bon respect des conditions d'hygiène durant les analyses de contrôle de qualité et la manipulation des produits. Ces résultats confirment ainsi la sécurité du produit fini formulé avec ces préparations, mais

surtout l'efficacité du traitement thermique réalisé. Celui-ci a permis d'éliminer ou de réduire significativement la charge des germes.

### II.3. Produit fini

Afin de garantir la qualité microbiologique et de vérifier les bonnes conditions d'hygiène durant la préparation, des analyses microbiologiques ont été effectuées pour les trois yaourts formulés ainsi que pour la base lactée. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 6 :** Résultats des analyses microbiologiques (flore de contamination) du produit fini durant la période de conservation

Flore	GBF	GB	G	Grec
FTAM	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs

**Abs :** absent.

Les résultats des analyses microbiologiques du produit fini montrent l'absence complète de germes de contamination, probablement due aux bonnes conditions d'hygiène durant le processus de fabrication de la base lactée, ainsi qu'à la manipulation et à l'incorporation des préparations dans cette base lactée.

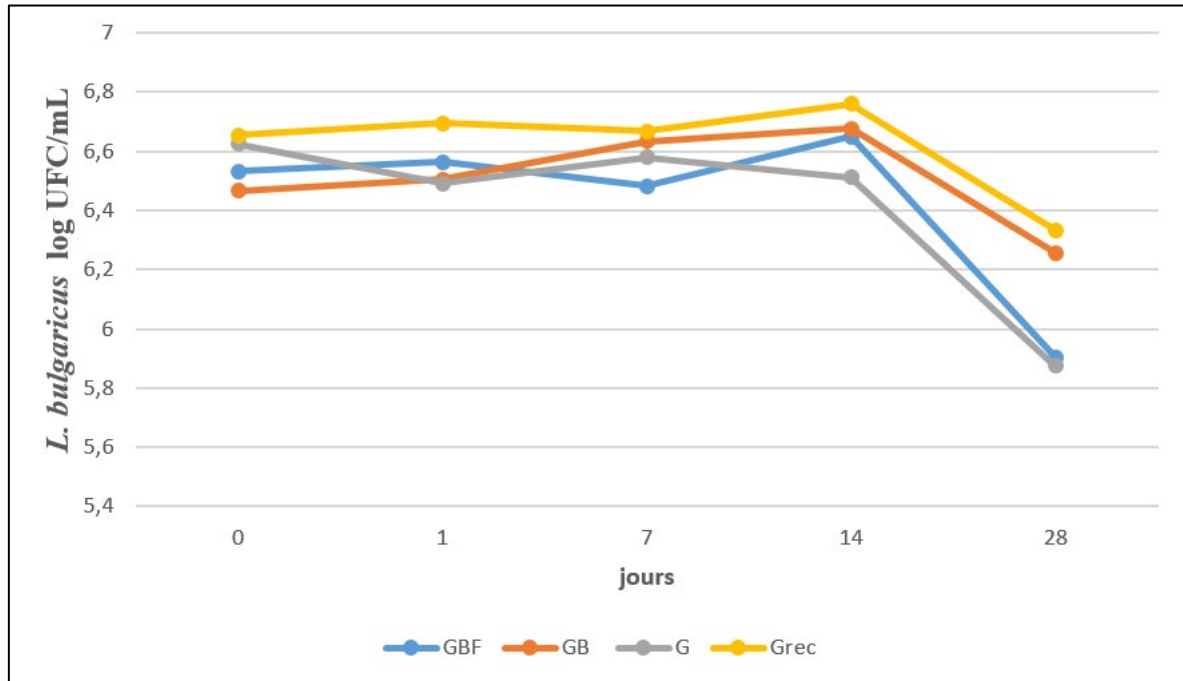
Ces résultats confirment l'efficacité du traitement thermique appliqué aux préparations et de la pasteurisation réalisée lors de la production de la base lactée pour le yaourt grec. Ils témoignent également des bonnes conditions de conservation et de stockage, ainsi que du respect de la chaîne du froid, ce qui ralentit la prolifération bactérienne.

### II.4. Dénombrement de la flore lactique

La flore lactique a été dénombrée pendant un mois (à t0, j1, j7, j14 et j28) et les résultats sont montrés ci-dessous :

### II.4.1. Survie du ferment *Lactobacillus bulgaricus* durant la période de conservation

Les résultats obtenus dans le dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus* sont montrés dans le graphe ci-dessous :



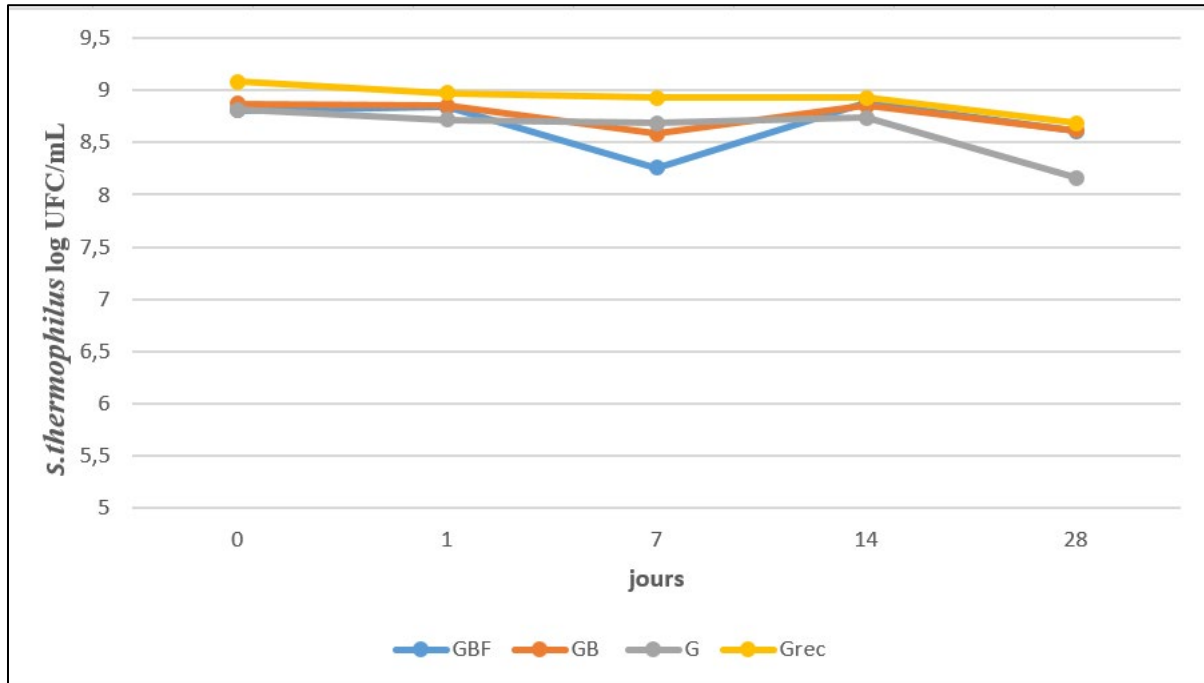
**Figure 11 :** Courbes du suivi de *Lactobacillus bulgaricus* en log UFC/ mL dans les yaourts formulés et la base lactée pendant la durée de conservation à 4°C. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d’avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : base lactée industrielle de « Soummam ».

Les résultats du suivi de la survie de *Lactobacillus bulgaricus* montrent une certaine stabilité pour les quatre échantillons jusqu’au 14ème jour, suivie d’une chute au bout du 28ème jour, ce qui pourrait être causé par l’épuisement des nutriments et l’accumulation des déchets de fermentation (Leroy et De Vuyst, 2001) .

La charge de *L. bulgaricus* dans le yaourt grec est supérieure à celle des trois échantillons formulés tout au long du suivi, ce qui pourrait être dû à l’ajout des préparations ayant entraîné une diminution de la charge de cette bactérie (Vahedi et al., 2008). Néanmoins, la charge de *L. bulgaricus* dans la formulation GB est très proche de celle du yaourt Grec durant le suivi à long terme, ce qui pourrait être attribué à la quantité élevée de banane dans la préparation, apportant ainsi des nutriments dans le milieu. La charge de *L. bulgaricus* dans la formulation G, bien qu’initialement similaire à celle du yaourt Grec, montre à long terme des diminutions de charge, probablement dues à l’activité antibactérienne des graines de chia (Kobus-Cisowska et al., 2019), la charge de *L. bulgaricus* dans le GBF montre de légères fluctuations tout au long du suivi.

## II.5. Suivi du ferment *Streptococcus thermophilus* durant la période de conservation

Les résultats de dénombrement de *Streptococcus thermophilus* sont montrés dans le graphique ci-dessous :

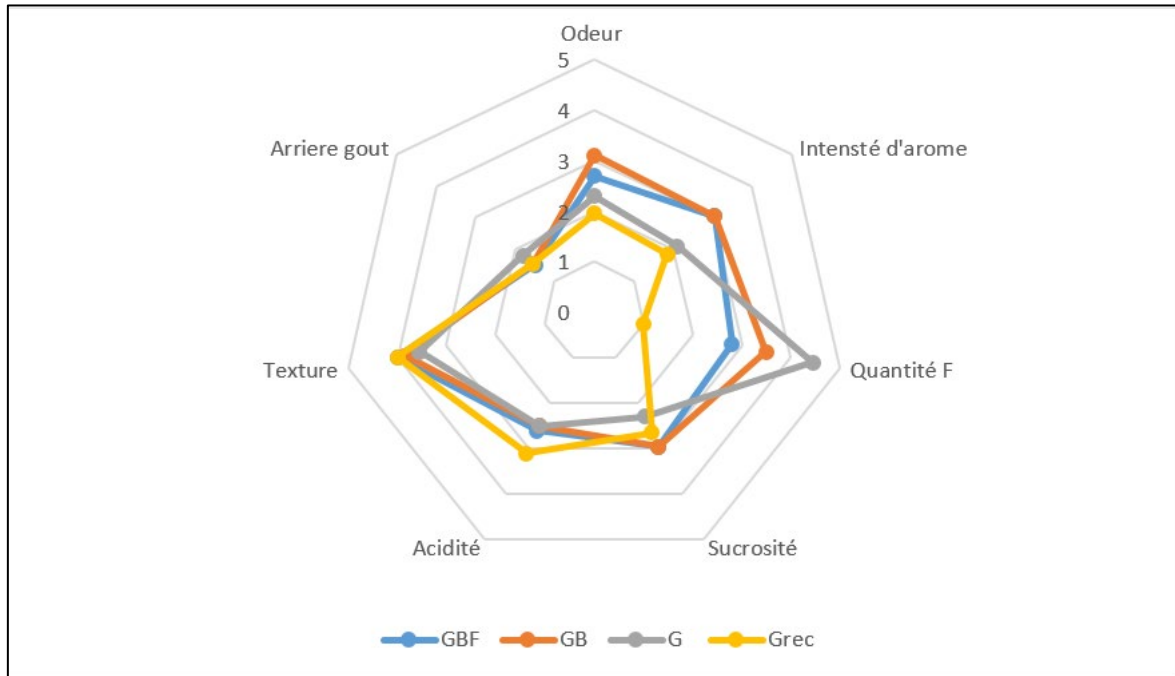


**Figure 12 :** Courbes du suivi de *Streptococcus thermophilus* en log UFC/mL dans les yaourts formulés et la base lactée pendant la durée de conservation à 4° C. GBF : yaourt à base de graines de chia, flocons d’avoine et purée de banane. GB : yaourt à base de graines de chia et purée de banane. G : yaourt à base de graines de chia. Grec : base lactée industrielle de « Soummam ».

Au début du suivi, la charge de *Streptococcus thermophilus* était de 9 log UFC/mL pour l’ensemble des formulations, et cette dernière est restée stable pour tous les échantillons le premier jour de stockage. Les valeurs ont changé seulement à partir du 7ème jour pour les deux préparations GBF et GB, où la charge est passée à 8,26 et 8,59 log UFC/mL respectivement. Cette différence peut être due à la composition plus diversifiée des formulations GBF et GB, incluant l’ajout de banane et de flocons d’avoine en plus des graines de chia. Nos résultats concordent avec ceux rapportés par **Abdelazez et al., (2024)** qui ont observé une stabilité de la charge de *S. thermophilus*, malgré une diminution de moins d’un log UFC/mL au 15ème jour de stockage à 4°C de leurs préparations de yaourt à la purée de banane. On peut également émettre l’hypothèse que cette légère diminution est probablement due à une augmentation de la teneur en polyphénols. Toutefois, au bout du 28ème jour, la charge de *S. thermophilus* a subi une légère diminution pour l’ensemble des préparations."

### III. Analyse sensorielle

Les résultats de l'analyse sensorielle des trois échantillons formulés ainsi que la base lactée sont présentés dans la figure ci-dessous :



**Figure 13 :** Profil sensoriel des trois échantillons formulés et la base lactée.

L'évaluation sensorielle des échantillons par les dégustateurs a révélé des différences marquées entre les produits. Les yaourts GBF et GB ont été jugés comme ayant une odeur moyennement intense, tandis que le G et le yaourt Grec présentaient une odeur faiblement intense. En termes d'arôme, le GBF et le GB ont obtenu des notes identiques, les plus élevées parmi les quatre échantillons, indiquant une intensité moyenne. En revanche, les formulations G et Grec ont reçu des notes moins élevées, reflétant une faible intensité aromatique.

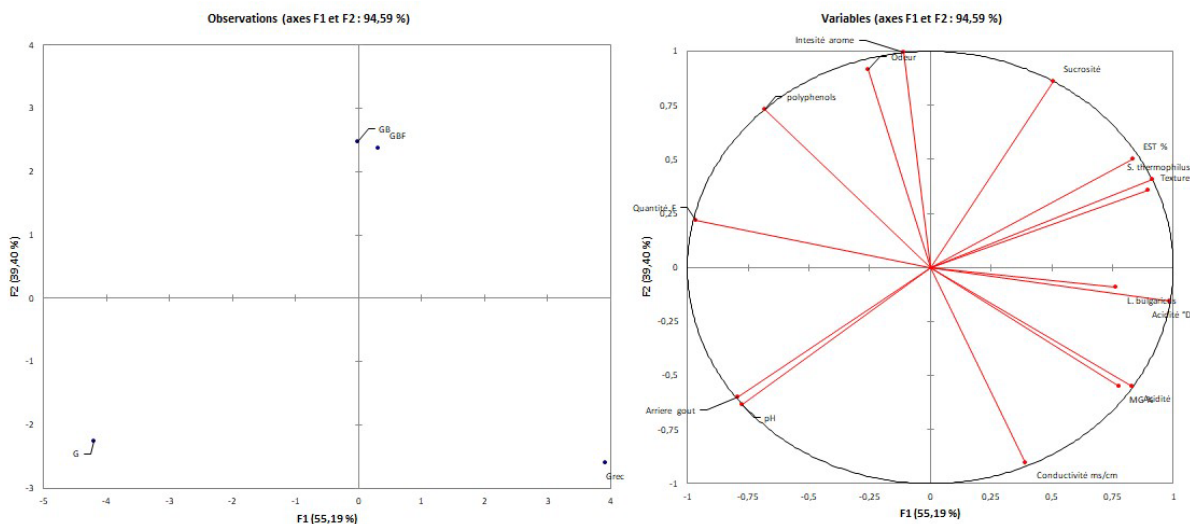
Concernant la quantité de fruits ajoutés, le yaourt Grec, n'ayant subi aucun ajout, a logiquement obtenu la note la plus faible. Le GBF présentait une quantité moyenne de fruits ajoutés, le GB une quantité légèrement supérieure à la moyenne, tandis que le G a reçu la note la plus élevée, indiquant une quantité de graines ajoutée assez importante.

En ce qui concerne la sucrosité, les formulations GBF et GB ont été évaluées comme moyennement sucrées, les qualifiant ainsi comme les plus sucrées. Le yaourt G a été jugé le moins sucré, probablement en raison de l'utilisation uniquement des graines. Le yaourt Grec se situe entre le G et les deux autres échantillons en termes de sucrosité.

L'acidité la plus prononcée a été attribuée à la base lactée, suivie des trois autres formules légèrement moins acides, suggérant que les préparations n'ont pas augmenté l'acidité des yaourts de manière significative. Concernant la texture, le GBF et le yaourt Grec ont été jugés les plus agréables en bouche, suivis du GB, tandis que le G a été évalué entre "agréable" et "ni agréable ni désagréable". Un faible arrière-goût a été détecté chez tous les échantillons, probablement causé aux composants de la base lactée.

Au final, neuf personnes parmi les experts ont préféré la formulation GBF, six personnes ont été pour la formulation GB, cinq pour la formulation G et seulement une personne a eu une préférence pour la base lactée.

#### IV. Analyse en composante principale



**Figure 14 :** Analyse en composantes principales des données du suivi physicochimique, microbiologique et sensorielle des 4 yaourts (GBF, GB, G et Grec).

Les yaourts sont groupés en trois clusters : le premier cluster contient les formulations GBF et GB, le deuxième contient uniquement la G, et le troisième contient seulement le Grec. Le premier groupe montre une forte corrélation avec les valeurs enregistrées pour la quantité de fruits, les polyphénols, l'intensité de l'arôme, l'extrait sec, *S. thermophilus* et la texture. En revanche, le deuxième cluster, représenté par la formulation aux graines de chia (G), se distingue par un pH plus élevé et un arrière-goût marqué. Enfin, le dernier cluster, qui représente la base lactée, se caractérise par des variables telles qu'une charge élevée de *L. bulgaricus*, l'acidité Dornic, l'acidité, la teneur en matières grasses et la conductivité.

Dans l'analyse des propriétés sensorielles, physico-chimiques et microbiologiques des yaourts, plusieurs corrélations significatives ont été observées. Par exemple, la quantité de fruits

ajoutée dans le yaourt est étroitement liée à l'arrière-goût, indiquant que plus la préparation est fruitée, plus l'arrière-goût est prononcé, comme cela a été particulièrement observé dans le yaourt G. De plus, une forte corrélation entre l'intensité de l'arôme et l'odeur a été notée, suggérant que les yaourts avec un arôme intense dégagent également une odeur plus forte. La sucrosité est également inversement corrélée à l'arrière-goût, ce qui signifie qu'une sucrosité élevée peut masquer les arrière-goûts dans le yaourt (**Eric Walters, 1996**).

D'autres variables révèlent des relations intéressantes, telles que le pH, qui est inversement corrélé à l'acidité, cette dernière étant fortement liée à la présence de *L. bulgaricus* en raison de la nature acidophile de cette bactérie (**Icer et al., 2023**). Enfin, les polyphénols montrent une corrélation négative avec la teneur en matières grasses, corroborant les observations de **Kamal-Eldin et al., (2000)** selon lesquelles la présence de polyphénols dans une matrice alimentaire tend à réduire le contenu en matières grasses.

Cette analyse résume les corrélations observées entre différentes variables dans les yaourts, mettant en lumière comment les variables sensorielles, physico-chimiques et microbiologiques interagissent pour influencer les caractéristiques finales du produit.

# Conclusion



## Conclusion et perspectives

Durant cette étude, de nouvelles recettes de yaourt grec de « Soummam » ont été élaborées et évaluées en fonction de leurs caractéristiques microbiologiques, physicochimiques et sensorielles. Les trois formulations ont montré une qualité microbiologique satisfaisante, conforme aux normes de l'entreprise et du Journal Officiel Algérien, assurant ainsi la sécurité hygiénique des produits pour les consommateurs et l'efficacité du traitement thermique effectué.

Le suivi de la survie de la flore lactique a montré une certaine stabilité pour les quatre échantillons et des taux de survie proches de ceux du contrôle, qui est la base lactée. Cela indique l'absence d'effet inhibiteur des composés ajoutés.

Les résultats des analyses physicochimiques des quatre échantillons ont montré des plages de valeurs de pH conformes aux normes industrielles, des valeurs d'acidité titrable supérieures à la norme de l'entreprise pour tous les échantillons, y compris la base lactée seule, des valeurs de matière grasse conformes à la norme pour le témoin et inférieures à la norme pour les trois échantillons formulés, des valeurs d'extrait sec toutes supérieures à la norme. Concernant la conductivité électrique, bien que ce ne soit habituellement pas une analyse faite pour le yaourt, les valeurs du témoin sont supérieures à celles des trois échantillons, qui sont proches et stables.

Ces formulations ont permis l'élaboration de yaourts offrant un bon compromis entre la teneur en polyphénols et la survie de la flore lactique.

L'analyse sensorielle des quatre échantillons a montré une bonne acceptabilité des yaourts formulés et une préférence pour le GBF et le GB.

Les résultats obtenus durant cette étude ont permis d'ajouter des informations aux travaux déjà existants sur l'enrichissement du yaourt, mais il serait intéressant d'étudier :

- La possibilité d'existence de l'effet inhibiteur des préparations élaborées.
- La capacité de rétention des ions et des lipides par le gel mucilagineux des graines de chia.
- La réalisation de tests plus poussés pour la détermination des activités biologiques telles que l'activité antioxydante, hypocholestérolémiante et antidiabétique.
- Tester ces activités sur un modèle animal adéquat.

# Références

## Références bibliographiques

### A

Abdelazez, A., D.M. Mohamed, Mahmoud.M.M. Refaey, and J. Niu. (2024). Intervention effect of freeze-dried probiotic and unripe banana pulp combination on set-type Bio-yogurt production during storage. *Journal of Food and Measurement and characterization*. 18:2461–2478. doi.org/10.1007/s11694-023-02208-9.

Al-Snafi, A. (2015). The nutritional and therapeutic importance of *Avena sativa* - An Overview, *International Journal of Phytotherapy*. 5:48–56.

Atik, D.S., T. Demirci, H.İ. Öztürk, S. Demirci, D. Sert, and N. Akın. (2020). Chia Seed Mucilage Versus Guar Gum: Effects on Microstructural, Textural, and Antioxidative Properties of Set-Type Yoghurts. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 63:e20190702. doi:10.1590/1678-4324-2020190702.

### B

Bashmil, Y.M., A. Ali, A. Bk, F.R. Dunshea, and H.A.R. Suleria. (2021). Screening and Characterization of Phenolic Compounds from Australian Grown Bananas and Their Antioxidant Capacity. *Antioxidants* 10:1521. doi:10.3390/antiox10101521.

Bernardeau, M., & Vernoux, J.-P. (2009). Utilisation des probiotiques en alimentation porcine et avicole. 9ème Journée Productions porcines et avicoles. pp. 62-69.

Béal, C., & Helinck, S. (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Archive Ouverte HAL. Techniques de l'Ingénieur*. hal-03519802f.

Bourlioux, P. (2007). Histoire des laits fermentés. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42: 9–14. doi:10.1016/S0007-9960(07)91314-0.

### C

Chandan, R.C. (2017). Chapitre 2 - An Overview of Yogurt Production and Composition. Shah NP, (ed.). Academic Press. pp 31-47. doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00002-X.

Chandan, RC, Gandhi, A., & Shah, NP. (2017). Yogurt: Historical Background, Health Benefits, and Global Trade. In: Shah, NP (ed.), *Yogurt in Health and Disease Prevention*. Academic Press, pp. 3-29. doi:10.1016/B978-0-12-805134-4.00001-8.

Chandan, R.C., & O'Rell, K. (2013). Principles of yogurt processing. In: Kilara A (ed.), *Handbook of Dairy Processing*. London: John Wiley & Sons, Ltd. pp. 239-260. doi.org/10.1002/9781118481301.ch11.

Codex Alimentarius. (1985). Norme générale pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées Codex. STAN 1-1985, pp 10.

Codex Alimentarius. (2003). Norme pour les laits fermentés Codex. STAN 243-2003, pp 14.

### **D**

Debouz, A., L. Guerguer, A. Hamid Oudjana, and A. Hadj Seyd. (2014). Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. *Revue ElWahat pour les recherches et les études* 7n°2: 8-15.

Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. (2003). Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series, No. 916. Geneva: World Health Organization.

Dronne, Y. (1994). Le commerce mondial des graines oléagineuses et corps gras. *Corps Gras Lipides* 191–195.

Dupas C, Marsset-Baglieri A, Peyrat-Maillard MN, Berset C. (2002). Les interactions protéine-polyphénol et leur influence sur la biodisponibilité des polyphénols. *NAFAS*, 9: 15-30.

### **E**

El-Said MM, Haggag HF, Fakhr El-Din HM, Gad AS, Farahat AM. (2014). Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, 59: 207–212. doi:10.1016/j.aoas.2014.11.007.

Eric Walters, D. (1996). How are bitter and sweet tastes related?. *Trends in Food Science & Technology*. 7:399–403. doi:10.1016/S0924-2244(96)10040-6.

Estrada, A., C.-H. Yun, A.V. Kessel, B. Li, S. Hauta, and B. Laarveld. (1997). Immunomodulatory Activities of Oat  $\beta$ -Glucan In Vitro and In Vivo. *Microbiology and Immunology*. 41:991–998.

**F**

FAO/OMS. « Consultation mixte d'experts FAO/OMS sur l'évaluation des propriétés sanitaires et nutritionnelles des probiotiques dans les aliments, y compris le lait en poudre contenant des bactéries lactiques vivantes ». Corboda-Argentine, octobre 2001.

Feng, T., and J. Wang. (2020). Oxidative stress tolerance and antioxidant capacity of lactic acid bacteria as probiotic: a systematic review. *Gut Microbes* 12:1801944. doi:10.1080/19490976.2020.1801944.

Fernandez, MA, & Marette, A. (2017). Potential Health Benefits of Combining Yogurt and Fruits Based on Their Probiotic and Prebiotic Properties. *Advances in Nutrition*, 8: 155S-164S. doi:10.3945/an.115.011114.

Fietto, J.L.R., R.S. Araújo, F.N. Valadão, L.G. Fietto, R.L. Brandão, M.J. Neves, F.C.O. Gomes, J.R. Nicoli, and I.M. Castro. (2004). Molecular and physiological comparisons between *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardii*. *Canadian Journal of Microbiology*. 50:615–621. doi:10.1139/w04-050.

Fisberg, M., & Machado, R. (2015). History of yogurt and current patterns of consumption. *Nutrition Reviews*, 73: 4–7. doi:10.1093/nutrit/nuv020.

Freitas, M. (2017). Chapitre 24 - The Benefits of Yogurt, Cultures, and Fermentation. M.H. Floch, Y. Ringel, and W. Allan Walker, (eds.). Academic Press, Boston. pp. 209-217.

**G**

Gong, P., Di, W., Yi, H., Sun, J., Zhang, L., & Han, X. (2019). Viabilité améliorée du *Lactobacillus bulgaricus* sp1.1 séché par pulvérisation intégré dans des protéines acido-basiques traitées à la transglutaminase. *Food Chemistry*, 281: 204–212. doi:10.1016/j.foodchem.2018.12.095.

Grancieri, M., H.S.D. Martino, and E. Gonzalez de Mejia. (2019). Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) as a Source of Proteins and Bioactive Peptides with Health Benefits: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 18:480–499. doi:10.1111/1541-4337.12423.

**H**

Harnett, J., Davey, G., Patrick, A., Caddick, C., & Pearce, L. (2011). Bactéries lactiques | Streptocoque thermophilus. In : Fuquay, J.W. (ed.) Encyclopedia of Dairy Sciences. San Diego: Academic Press. pp.143-148. doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00268-5.

Hasni I., Bourassa P., Hamdani S., Samson G., Carpentier R., & Tajmir-Riahi H-A. (2011). Interaction of milk  $\alpha$ - and  $\beta$ -caseins with tea polyphenols. Food Chemistry 126: 630-639. doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.087.

Heyman, M. (2007). Effets des probiotiques sur le système immunitaire : mécanismes d'action potentiels. Cahiers de Nutrition et de Diététique 42:69–75. doi:10.1016/S0007-9960(07)91325-5.

**I**

Icer, M.A., S. Özbay, D. Ağagündüz, B. Kelle, E. Bartkiene, J.M.F. Rocha, and F. Ozogul. (2023). The Impacts of Acidophilic Lactic Acid Bacteria on Food and Human Health: A Review of the Current Knowledge. Foods 12:2965. doi:10.3390/foods12152965.

ISO 7888. (1985). Qualité de l'eau - détermination de la conductivité électrique (1er édition). International Standard organisation.

ISO 6461/1. (1986). Qualité de l'eau - recherche et dénombrement des spores des microorganismes anaérobies sulfite-réducteurs (clostridia) partie1 : méthode par enrichissement dans un milieu liquide (1er édition). International Standard organisation.

ISO 7954. (1987). Microbiologie - Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures - Technique par comptage des colonies à 25° C (1er édition). International Standard organisation.

ISO 1666. (1996). Amidon et fécule – détermination de l'humidité – méthode par séchage à l'étuve (2eme édition). International Standard organisation.

**J**

J.O.R.A n°43. (2004). Arrêté du 24 mai 2004 rendant obligatoire une méthode de dénombrement des micro-organismes caractéristiques par une technique de comptage des colonies à 37° C dans le yaourt.

J.O.R.A n°43. (2004). Arrêté du 24 mai 2004 rendant obligatoire une méthode de dénombrement des coliformes dans les laits fermentés.

J.O.R.A n°42. (2005). Arrêté du 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche des salmonella dans le lait et les produits laitiers.

J.O.R.A n°58. (2015). Arrêté du 18 octobre 2015. Rendant obligatoire la méthode de détermination de l'acidité titrable dans le lait sec.

### K

Kamal-Eldin, A., J. Frank, A. Razdan, S. Tengblad, S. Basu, and B. Vessby. (2000). Effects of dietary phenolic compounds on tocopherol, cholesterol, and fatty acids in rats. *Lipids* 35:427–435. doi:10.1007/s11745-000-541-y.

Kaur, R., G. Kaur, R. Rima, S. Mishra, H. Panwar, K. Mishra, & G. Brar. (2017). Yogurt: A nature's wonder for mankind. *International Journal of Fermented Foods*, 6(1): 57-69. doi:10.5958/2321-712X.2017.00006.0.

Knez Hrnčič, M., M. Ivanovski, D. Cör, and Ž. Knez. (2019). Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *Molecules* 25:11. doi:10.3390/molecules25010011.

Kobus-Cisowska, J., D. Szymanowska, P. Maciejewska, D. Kmiecik, A. Gramza-Michałowska, B. Kulczyński, and J. Cielecka-Piontek. (2019). In vitro screening for acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibition and antimicrobial activity of chia seeds (*Salvia hispanica*). *Electronic Journal of Biotechnology*. 37:1–10. doi:10.1016/j.ejbt.2018.10.002.

Krieger J.-P. (2019). Les effets sur la santé des produits laitiers et carnés : Que disent les données épidémiologiques ?. *Novanimal Work Paper*. doi:10.5167/uzh-170599.

### L

Le Breton, M.-H., M.-C. Savoy-Perroud, and J.-M. Diserens. (2007). Validation and comparison of the Copan Milk Test and Delvotest SP-NT for the detection of antimicrobials in milk. *Analytica Chimica Acta*. 586:280–283. doi:10.1016/j.aca.2006.11.060.

Lecerf, J.-M. (2020). Particularités et bienfaits des yaourts. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 14, 699–705. doi:10.1016/j.mmm.2020.10.013.

Leroy, F., and L. De Vuyst. (2001). Growth of the Bacteriocin-Producing *Lactobacillus Sakei* Strain CTC 494 in MRS Broth Is Strongly Reduced Due to Nutrient Exhaustion: A Nutrient Depletion Model for the Growth of Lactic Acid Bacteria | Applied and Environmental Microbiology. 67(10): pp. 4407–4413. doi.org/10.1128/AEM.67.10.4407-4413.2001.

### *M*

Macedo, L. L., Vimercati, W. C., da Silva Araújo, C., Saraiva, S. H., & Teixeira, L. J. Q. (2020). Effect of drying air temperature on drying kinetics and physicochemical characteristics of dried banana. *Journal of Food Process Engineering*, 43, e13451. doi:10.1111/jfpe.13451.

Mao, H., M. Xu, J. Ji, M. Zhou, H. Li, Y. Wen, J. Wang, and B. Sun. (2022). The utilization of oat for the production of wholegrain foods: Processing technology and products. *Food Front.* 3:28–45. doi:10.1002/fft2.120.

Marie Luquet, F., and G. Corrieu. (2005). *Bactéries lactiques et probiotiques*. Librairie de lavoisier. ISBN 2-7430-0741-9.

Marteau, P., & Shanahan, F. (2003). Basic aspects and pharmacology of probiotics: An overview of pharmacokinetics, mechanisms of action and side-effects. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 17, 725–740. doi:10.1016/S1521-6918(03)00055-6.

Martin, N.H., A. Trmčić, T.-H. Hsieh, K.J. Boor, and M. Wiedmann. (2016). The Evolving Role of Coliforms As Indicators of Unhygienic Processing Conditions in Dairy Foods. *Frontiers in Microbiology*. 7: 1549. doi:10.3389/fmicb.2016.01549.

Mathew, NS, & Negi, PS. (2017). Utilisations traditionnelles, phytochimie et pharmacologie du bananier sauvage (*Musa acuminata* Colla) : une revue. *Journal of Ethnopharmacology*, 196: 124–140. doi:10.1016/j.jep.2016.12.009.

Mercenier, A., S. Pavan, and B. Pot. (2003). Probiotics as Biotherapeutic Agents: Present Knowledge and Future Prospects. *Current Pharmaceutical Design*. 9:175–191. doi:10.2174/1381612033392224.

Mihail, A., Kostov, G., Beshkova, D., & Koprinkova-Hristova, P. (2009). Proto-cooperation factors in yogurt starter cultures. *Revue de génie industriel*, 3.

Moïse, M., Kapiri, M., Eloge, K., Florence, K., Gilbert, P., Jean, S., Musivirwa, P., Paul, J., Kahambu, M., Florence, N., Gilbert, S., Jean, P., Musivirwa, J., & Paul. (2022). Perceptions des agriculteurs sur la culture de chia (*Salvia hispanica* L.) en ville de Butembo: Essai



d'application du modèle de régression logistique. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 36: 468–492.

*N*

Naczki, M., and F. Shahidi. (2004). Extraction and Analysis of Phenolics in Food. *Journal of Chromatography A*. 1054: 95-111. doi:10.1016/j.chroma.2004.08.059.

Narvhus, J. A., & Abrahamsen, R. K. (2021). Yogurt: Role of Starter Culture. In J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2nd ed.). Elsevier Ltd. pp. 1-14. doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00190-4.

*O*

Oguntibeju, O.O. (2019). Antidiabetic, Anti-Inflammatory, Antibacterial, Anti-Helminthic, antioxidant and nutritional potential of *Musa Paradisiaca*. *Asian journal pharmaceutical and clinical research*. 10: 9-13. doi:10.22159/ajpcr.2019.v12i10.34239.

*P*

Pérez, M., I. Dominguez-López, and R.M. Lamuela-Raventós. (2023). The Chemistry Behind the Folin–Ciocalteu Method for the Estimation of Polyphenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 71:17543–17553. doi:10.1021/acs.jafc.3c04022.

*R*

Ramdane S, Brahim M, Tlemsani A, Djermoun A, Hadjsdok T. (2019). Quelles disparités de consommation du lait et produits laitiers en Algérie à travers les régions ?. *Revue Agrobiologia*, 9(1): 1449-1457.

Ramdhani, J.P. and Setiadi. (2019). Effect of transglutaminase addition on conductivity and functional properties of yogurt. *AIP Conference Proceedings*. 2085:020034. doi:10.1063/1.5095012.

*S*

Saphier, O., T. Silberstein, H. Kamer, Y. Ben Abu, and D. Tavor. (2017). Chia seeds are richer in polyphenols compared to flax seeds. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*. 4(3):1-4. doi:10.15761/IFNM.1000182.

- Saulnier, L. (2012). Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 47:S4–S15. doi:10.1016/S0007-9960(12)70292-4.
- Seymour, G.B. (1993). Banana. In: Seymour, G.B., Taylor, J.E., Tucker, G.A. (eds) *Biochemistry of Fruit Ripening*. Springer, Dordrecht. pp. 83-106. doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1\_3.
- Savadogo, A., and A.S. Traore. (2011). La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5:2057–2075. doi:10.4314/ijbcs.v5i5.28.
- Shah, N.P. (2013). Chapitre 22. Probiotics and fermented milks. In : R. C. Chandan (ed.). *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. John Wiley & Sons, Inc, pp. 451-468. doi.org/10.1002/9781118481301.
- Shori AB. (2020). Inclusion de composés phénoliques provenant de différentes plantes médicinales pour augmenter l'activité d'inhibition de l' $\alpha$ -amylase et les antioxydants dans le yaourt. *Journal of Taibah University for Science*, 14. doi:10.1080/16583655.2020.1798072.
- Singh, R., De, S., & Belkheir, A. (2013). Avena sativa (Oat), A Potential Nutraceutical and Therapeutic Agent: An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53: 126–144. doi:10.1080/10408398.2010.526725.
- Singleton, V.L., R. Orthofer, and R.M. Lamuela-Raventós. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Oxidants and Antioxidants Part A*. Academic Press. 299: 152-178. doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1.
- Soukoulis, C., Panagiotidis, P., Koureli, R., & Tzia, C. (2007). Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality. *Journal of Dairy Science*, 90:2641–2654. doi:10.3168/jds.2006-802.
- Stead, S.L., H. Ashwin, S.F. Richmond, M. Sharman, P.C. Langeveld, J.P. Barendse, J. Stark, and B.J. Keely. (2008). Evaluation and validation according to international standards of the Delvotest® SP-NT screening assay for antimicrobial drugs in milk. *International Dairy Journal*. 18:3–11. doi:10.1016/j.idairyj.2007.06.006.

Sudha, R. (2021). Chapitre 01. Flavonoids from plants: structure, Biosynthesis and Therapeutic Applications. In: Kumar, A (ed.). Advances in medicinal plant sciences. New Delhi: Integrated publications. pp. 1-25. doi.org/10.22271.int.book.83.

**T**

Tamime, A. Y. (2003). YOGURT | Yogurt-based Products. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 6259–6264. doi:10.1016/b0-12-227055-x/01306-7.

Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). Microbiology of yoghurt and related starter cultures. In : Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (eds.). Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology (3rd ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited. pp. 432-534.

Tazart, K., Ould-Saadi, L., Benazzouz, L., & Kati, D. (2023). Impact of whole chia seeds (*Salvia Hispanica*) addition on the properties and stability of the set-type yogurt. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI - Food Technology. 47:125–139. doi:10.35219/foodtechnology.2023.1.08.

**V**

Vahedi, N., M.M. Tehrani, and F. Shahidi. (2008). Optimizing of Fruit Yoghurt Formulation and Evaluating Its Quality During Storage. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 3(6):922-927.

**W**

Watts, BM, Ylimaki, GL, Jeffery, LE et Elias, LG. (1989). Basic Sensory Methods for Food Evaluation. International Development Research Centre. Ottawa, Ont., Canada.

**Y**

Yadav, A. (2021). Banana (*Musa acuminata*): Most popular and common Indian plant with multiple pharmacological potentials. World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences 7:036–044. doi:10.30574/wjbpshs.2021.7.1.0073.

Yeom, H.W., G.A. Evrendilek, Z.T. Jin, and Q.H. Zhang. (2004). Processing of Yogurt-Based Products with Pulsed Electric Fields: Microbial, Sensory and Physical Evaluations. Journal Food Process. Preserv. 28:161–178. doi:10.1111/j.1745-4549.2004.tb00818.x.

**Z**

Zhang, Y., Y. Li, X. Ren, X. Zhang, Z. Wu, and L. Liu. (2023). The positive correlation of antioxidant activity and prebiotic effect about oat phenolic compounds. *Food Chemistry*. 402:134231. doi:10.1016/j.foodchem.2022.134231.

# **Annexe**

## **Annexe 01 : Présentation de la laiterie « SOUMMAM ».**

### **Présentation de la laiterie « SOUMMAM »:**

La Laiterie SOUMMAM est une entreprise algérienne, créée en 1993 par Monsieur HAMITOUCHE Lounis à Akbou, dans la Wilaya de Béjaïa. Depuis sa création, l'entreprise a progressé de façon régulière. Son évolution peut se résumer en :

#### **➤ Evolution de l'entreprise :**

La Laiterie « SOUMMAM » a connu une croissance remarquable depuis sa création en 1993, débutant avec une seule ligne rénovée. En 1995, l'entreprise investit dans de nouveaux équipements, ce qui augmente sa production à 300 000 pots par jour et son effectif de 20 à 60 personnes. En mai 2000, marque un tournant avec l'ouverture de l'usine Soummam I à TAHARACHT près d'Akbou, Wilaya de Bejaia, dotée de trois nouvelles chaînes. La progression continue en 2001, la production atteint le million de pots par jour avec 184 employés. L'expansion se poursuit avec la construction du deuxième bâtiment Soummam II en 2002, puis l'ajout de lignes pour le fromage frais et les desserts lactés en 2003, portant la capacité à 2,4 millions de pots par jour et l'effectif à 315 salariés. En 2004, le lancement du yaourt brassé puis à boire fait grimper la production à 3,2 millions. Entre 2005 et 2015, l'entreprise poursuit son expansion avec la construction de trois nouveaux bâtiments Soummam III, IV et V, avec l'introduction du yaourt bio en 2006 et de multiples lignes de production. En 2018, la laiterie se diversifie dans les spécialités fromagères, lançant 14 références dont Top Souma. Aujourd'hui, Soummam propose plus de 183 produits variés.

Le laboratoire de contrôle de qualité de l'unité de production SOUMMAM est équipé d'équipements modernes qui respectent les normes internationales en matière de conception, d'hygiène et de productivité. Ils se divisent en deux services distincts :

- Le service de traitement des eaux garantit la qualité de l'eau utilisée dans les procès.
- Service de contrôle de la qualité qui réalise les analyses physico-chimiques et microbiologiques de la matière première, du produit au cours de la production et du produit fini.

#### **➤ Gamme :**

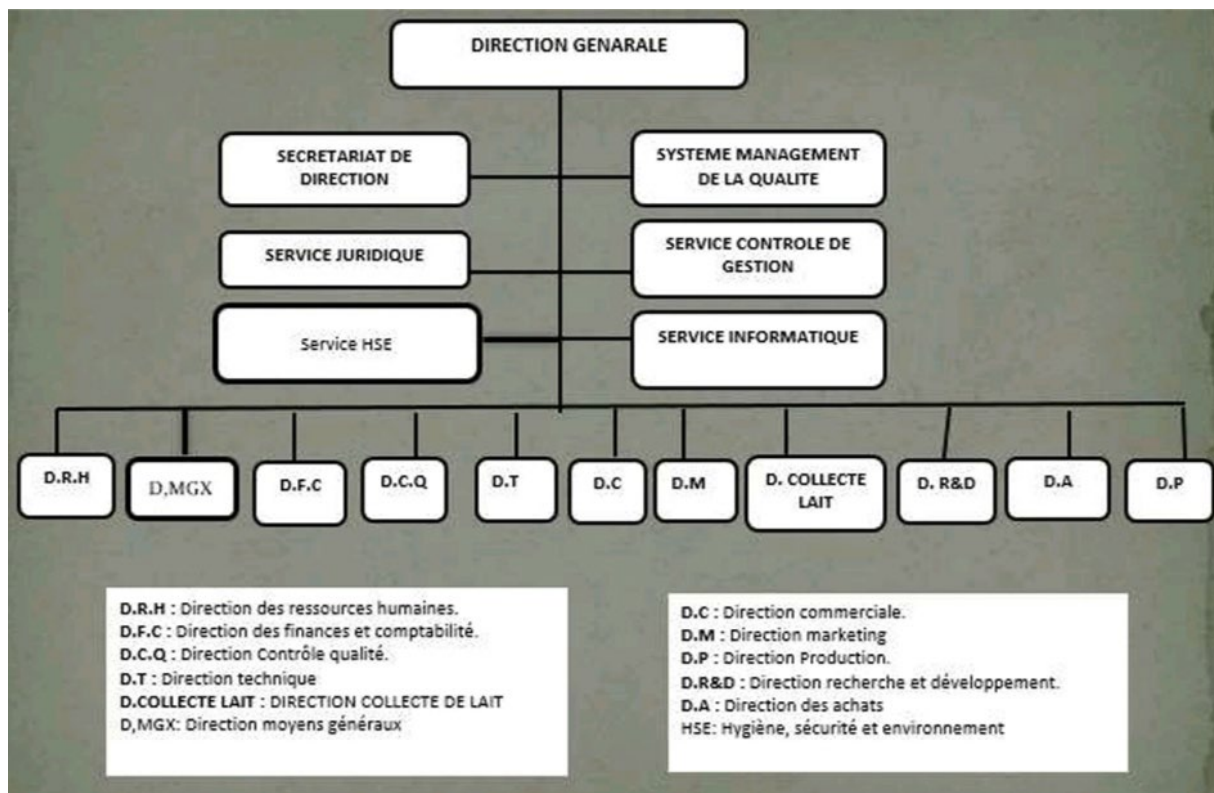
La société SOUMMAM possède une large sélection de plus de 183 produits comprenant une grande diversité d'arômes, de fruits, d'emballages (pot, boîte, bouteille, Tétra pack) et de conditionnements (30g, 45g, 70g, 90g, 100g, 125g, 170g, 240g, 320g, 500g, 600g, 900g, 1kg, 1kg 800, 160ml, 200ml, 500ml, 1l...).

➤ **Positionnement sur le marché Algérien :**

La Laiterie SOUMMAM occupe une position dominante sur le marché algérien avec une production et une vente de près de 1 800 T/Jr et une capacité de production annuelle de plus de 1 200 000 T /AN par an. Avec 45 lignes de production réparties sur deux sites de production, SOUMMAM est incontestablement le leader de son secteur avec une part de marché de plus de 48 %.

➤ **Organigramme de la laiterie SOUMMAM :**

L'organigramme de la laiterie Soummam est présent dans la figure :



**Figure 1** : organigramme de la laiterie « Soummam ».





**Annexe 03 :** Valeurs nutritionnelles de la banane, des flocons d'avoine et de graines de chia.

**Tableau 1 :** valeurs nutritionnelles dans 100 g de banane (Sharrock and Charlotte, 2000).

Energie	74,26 Kcal
Lipides	0,48 g
Graisses saturées	0,185 g
Fibres	4,06 ± 0,00 %
Protéines	1,03 g
Glucides	23,43 g
Thiamine	0,045 mg
Calcium	6 mg
Fer	0,31 mg
Riboflavine	0,1 mg
Potassium	396 mg
Sodium	1 mg
Niacine	0,540 mg

**Tableau 2 :** Valeurs nutritionnelles dans 100 g d'avoine (Mushtaq et al., 2014).

Energie	1,628 KJ (389 Kcal)
Glucides	66,33 g
Fibres alimentaires	10,6 g
Acide gras	6,9 g
Protéines	16,9 g
Vitamine B5	1,3 mg (26%)
Vitamine B9	56 µg (5%)
Calcium	54 mg (5%)
Fer	5 mg (38%)
Magnésium	177 mg (50%)
Potassium	429 mg (9%)
β-glucane ( fibre soluble)	4g

**Tableau 3 :** Valeurs nutritionnelles, teneur en vitamines, acides gras et composés phénoliques dans 100 g de graines de chia (**Knez Hrnčič et al., 2019**).

Glucides	42 g
Protéines	17 g
Lipides	31 g
Magnésium	335 mg
Phosphore	860 mg
Calcium	631 mg
Potassium	407 mg
Sodium	16 mg
Autres	13 mg
Vitamine A	54 µg
Vitamine E	0,5 µg
Vitamine C	1,6 µg
Vitamine B1	0,62 µg
Vitamine B2	0,17 µg
Vitamine B3	8,83 µg
Acide linoléique (ω-3)	63,79 µg
Acide linoléique (ω-6)	18,89 µg
Acide oléc (ω-9)	7,3 µg
Acide palmitoléique	0,03 µg
Acide palmitique	7,04 µg
Acide caféique	27 µg
Quercétine	0,17 µg
Kaempférol	0,013 µg
Daidzin	1,4 µg
Glycitrine	3,4 µg

**Annexe 04** : classification taxonomique de la banane, des flocons d'avoine et des graines de chia

**Classification taxonomique de la banane**

**Règne** : *Plantae*.

**Sous-règne** : *Viridiplantae*.

**Super-règne** : *Embryophyta*.

**Division** : *Tracheophyta*.

**Sous-division** : *Spermatophytina*.

**Classe** : *Magnoliopsida*.

**Super-ordre** : *Lilianaes*.

**Ordre** : *Zingiberales*.

**Famille** : *Musaceae*.

**Genre** : *Musa*.

**Espèce** : *Musa acuminata*.

**Classification taxonomique des flocons d'avoine**

**Regne**: *Plantae*

**Sous-regne**: *Tracheobionta*

**Superdivision**: *Spermatophyta*

**Division**: *Magnoliophyta*

**Classe**: *Liliopsida*

**Sous-classe**: *Commelinidae*

**Ordre**: *Cyperales*

**Famille**: *Poaceae*

**Genre**: *Avena*

**Espec**: *Avena sativa*.

**Classification taxonomique des graines de chia**

**Ordre** : *Lamiales*.

**Famille** : *Lamiaceae*.

**Sous-famille** : *Népétoïdes*.

**Genre**: *Salvia*.

**Especie:** *Salvia hispanica L.*

**Annexe 05 :** Composition des milieux de culture.

➤ **Solution de Ringer diluée au quart**

• **Composition du milieu**

- Chlorure de sodium (NaCl) ..... 2,25 g
- Chlorure de potassium (KCl) ..... 0,105 g
- Chlorure de calcium anhydre (CaCl<sub>2</sub>) ..... 0,06 g
- Hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO<sub>3</sub>) .....0,05 go
- Eau..... 1 000 ml

pH final à 25°C : 6,9 ± 0,2.

➤ **Eau peptonnée tamponnée**

• **Composition du milieu**

- Peptone de digestat enzymatique de tissus d'animaux ..... 10,0 g
- Chlorure de sodium (NaCl) ..... 5,0 g
- Hydrogénophosphate dodécahydrate disodique (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>,12H<sub>2</sub>O) .... 9,0 g
- Dihydrogénophosphate de potassium (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) ..... 1,5 g
- Eau ..... 1 000 ml

pH final à 25°C : 7 ± 0,2.

➤ **Solution de peptone-sel (TSE)**

• **Composition du milieu**

- Digestat enzymatique de caséine..... 1 g
- Chlorure de sodium (NaCl)..... 8,5 g
- Eau..... 1 000 ml

pH final à 25°C : 7 ± 0,2.

➤ **Bouillon Sabouraud**

• **Composition du milieu**

- Peptone de caséine)..... 5,00 g
- Peptone de viande)..... 5,00 g
- Glucose monohydraté)..... 20,00 g
- Eau purifiée..... 1L

pH final à 25°C : 5,6 ± 0,2.

➤ **Plate Count Agar (PCA)**

• **Composition du milieu**

- Digestat enzymatique de caséine..... 5,0 g
- Extrait de levure..... 2,5 g
- Glucose anhydre (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) ..... 1,0 g
- Gélosea..... 9 g à 18 g
- Eau..... 1 000 ml

pH final à 25°C : 7 ± 0,2.

➤ **Crystal violet neutral red bile lactose agar (VRBL)**

• **Composition du milieu**

- Digestat enzymatique de tissus animaux..... 7 g
- Extrait de levure.....3g
- Lactose (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>,H<sub>2</sub>O) .....10g
- Chlorure de sodium .....5g
- Sels biliaires..... 1,5g
- Rouge neutre..... 0,03 g
- Cristal violet.....0,002 g
- Agar-agara..... 12 g à 18 g
- Eau..... 1 000 ml

pH final à 25°C : 7,4 ± 0,2.

➤ **Yeast extract glucose chloramphenicol (YGC)**

• **Composition du milieu**

- Extrait de levure.....5g
- Dextrose (C<sub>6</sub> H<sub>12</sub> O<sub>6</sub>) .....20g
- Chloramphénicol (c<sub>11</sub> H<sub>12</sub> Cl<sub>2</sub> N<sub>2</sub> O<sub>5</sub>) .....0,1g
- Agar-agar.....12 à 15g
- Eau.....1000ml

pH final 25°C : 6,6.

➤ **Bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB)**

• **Composition du milieu**

- peptone ou gélisate..... 10 g
- Lactose..... 10 g
- Bile de bœuf déshydratée..... 20 g
- Vert brillant.....0,0133 g
- Eau distillée (dans un appareil en verre)..... 1000 ml

pH final 25°C : 7,0 ± 0,1.

➤ **Bouillon au tétrathionate (Muller - Kauffmann)**

• **Composition du milieu**

- Extrait de viande..... 5,0 g
- Peptone..... 10,0 g
- Chlorure de sodium..... 3,0 g
- Carbonate de calcium..... 45,0 g
- Eau..... 1000 ml
- Solution de vert brillant..... 10 g

pH final à 25°C : 7,0 ± 0,1.

➤ **Bouillon Rappaport-Vassiliadis Soja (RVS)**

• **Composition du milieu**

- Peptone papainique de soja ..... 4,50 g
- Chlorure de sodium..... 7,20 g
- Phosphate monopotassique..... 1,26 g
- Phosphate dipotassique..... 0,18 g
- Chlorure de magnésium anhydre ..... 13,40 g
- Vert malachite (oxalate)..... 36,0 mg
- Eau distillée..... 1L

pH du milieu final à 25 °C : 5,2 ± 0,2.

➤ **Gélose HEKTOEN**

• **Composition du milieu**

- Peptone..... 12,00 g
- Chlorure de sodium..... 5,00 g
- Extrait de levure..... 3,00 g
- Thiosulfate de sodium..... 5,00 g
- Sels biliaires N° 3..... 9,00 g
- Citrate ferrique ammoniacal..... 1,50
- gLactose..... 12,00 g
- Bleu de bromothymol ..... 0,065 g
- Saccharose..... 12,00 g
- Fuchsine acide.....0,10
- gSalicine..... 2,00 g
- Agar..... 14,00 g
- Eau..... 1L

pH final à 25°C : 7,5 ± 0,2.

➤ **Gélose xylose-lysine-desoxycholate (XLD)**

• **Composition du milieu**

- Extrait de levure..... 3,00 g
- Thiosulfate de sodium..... 6,80 g
- L-Lysine..... 5,00 g
- Citrate ferrique ammoniacal..... 0,80
- gXylose..... 3,50 g
- Désoxycholate de sodium..... 2,50 g
- Lactose..... 7,50 g
- Rouge de phénol..... 0,08 g
- Saccharose ..... 7,50 g
- Agar..... 13,50 g
- Chlorure de sodium..... 5,00 g
- Eau..... 1L

pH final à 25°C : 7,4 ± 0,2.

➤ **Gélose lactosée au bromo-cresol pourpre (BCP)**

• **Composition du milieu**

- Peptone..... 5,00 g
- Extrait de viande de bœuf..... 3,00 g
- Lactose..... 10,00 g
- Bromocrésol pourpre..... 0,025 g
- Agar..... 13,00 g
- Eau..... 1L

pH final à 25°C : 6,8 ± 0,2.

➤ **Gélose viande-foie (VF) :**

• **Composition du milieu**

- Peptone viande-foie ..... 30,00 g
- Sulfite de sodium..... 2,50 g
- Glucose ..... 2,00 g
- Citrate ferrique ammoniacal..... 0,50 g
- Amidon soluble..... 2,00 g
- Agar ..... 11,00 g
- Eau distillée ..... 1L

pH final à 25°C : 7,6 ± 0,2.

➤ **Gélose MRS (De Man, Regosa et Sharpe)**

• **Composition du milieu**

- Peptone 1 ..... 10 g
- Extrait de viande ..... 10 g
- Extrait de levure déshydraté ..... 5 g
- Glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) ..... 20 g
- Tween 80 (sorbitanne monoléate) ..... 1 ml
- Hydrogène-orthophosphate dipotassique..... 2 g
- Acétate de sodium, trihydraté (CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub> Na·3H<sub>2</sub>O) ..... 2 g
- Citrate d'ammoniaque (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>7</sub>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>)..... 2 g
- Sulfate de magnésium heptahydraté (MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) ..... 0,2 g
- Sulfate de manganèse tétrahydraté (MnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O) ..... 0,05 g
- Agar-agar..... 9-18 g
- Eau ..... 1000 ml

pH final à 25°C : 5,4.



➤ **Gélose M17**

• **Composition du milieu**

- Peptone 1 (hydrolysate trypsique de caséine).....2,50 g
- Peptone 2 (hydrolysate pepsique de viande).....2,50 g
- Peptone 3 (hydrolysate papaenique de soja).....5,00 g
- Extrait de levure déshydratée.....2,50 g
- Extrait de viande.....5,00 g
- B-glycérophosphate (sel disodique) (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O<sub>6</sub>PNa<sub>2</sub>) ..... 19,00 g
- Sulfate de magnésium heptahydraté (MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O) ..... 0,25 g
- Acide ascorbique (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>).....50 g
- Agar-agar.....9-18 g
- Eau.....950 ml

pH final à 25°C : 7,1 à 7,2.

**Annexe 06** : la table de Mac Grady.

**Tableau 4** : Table de Mac Grady pour 3 tubes par dilution.

Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP	Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP
0	0	0	< 0,3	2	2	1	2,8
0	0	1	0,3	2	3	0	2,9
0	1	0	0,3	3	0	0	2,3
0	2	0	0,6	3	0	1	4
1	0	0	0,4	3	0	2	6
1	0	1	0,7	3	1	0	4
1	1	0	0,7	3	1	1	7
1	1	1	1,1	3	1	2	12
1	2	0	1,1	3	2	0	9
1	2	1	1,5	3	2	1	15
1	3	0	1,6	3	2	2	21
2	0	0	0,9	3	2	3	29
2	0	1	1,4	3	3	0	20
2	1	0	1,5	3	3	1	50
2	1	1	2,0	3	3	2	110
2	2	0	2,1	3	3	3	> 110

**Annexe 07:** Questionnaire de l'analyse sensorielle.

**Questionnaire d'analyse sensorielle du yaourt.**

Nom et prénom .....

Date : .../.../...

Quatre échantillons de yaourt codés MC, M, C et Y sont présentés devant vous, il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques en attribuant une note de 1 à 5, selon l'échelle présentée ci-dessous :

**NB :** veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon. Pour éviter la satiété il est préférable de ne pas avaler, sauf pour la question de préférence.

**1. L'odeur du yaourt**

- 1. Très faiblement intense
- 2. Faiblement intense
- 3. Moyennement intense
- 4. Fortement intense
- 5. très fortement intense

MC	M	C	Y

**2. l'intensité de l'arôme (sensation en bouche)**

- 1. Absent ou (non identifié)
- 2. Faible
- 3. Moyenne
- 4. Forte
- 5. Très forte

MC	M	C	Y

**3. Quantité de fruits ajouté**

- 1. Absente
- 2. Faible
- 3. Moyenne
- 4. Forte
- 5. Très forte

MC	M	C	Y

**4. La sucrosité du yaourt**

- 1. Très faiblement intense
- 2. Faiblement intense
- 3. Moyennement intense
- 4. Fortement intense

MC	M	C	Y

5. Très fortement intense

**5. l'acidité du yaourt**

1. Absente

2. Faible

3. Moyenne

4. Forte

5. Très forte

MC	M	C	Y

**6. Texture du yaourt en bouche**

1. Très désagréable

2. Désagréable

3. Ni agréable ni désagréable

4. Agréable

5. Très Agréable

MC	M	C	Y

**7. Arrière-goût**

1. Absent

2. Faible

3. Moyen

4. Fort

5. Très fort

MC	M	C	Y

**8. Préférence**

Classer les échantillons selon votre préférence de 1 à 4 sachant que le 1 correspond à l'échantillon le plus préféré et 4 à l'échantillon le moins préféré.

MC	M	C	Y

**9. Commentaire**

Donner un commentaire sur les quatre échantillons et notez de 1 à 10.

.....  
.....

**Merci de votre collaboration**

## Abstract

The aim of this study was to formulate a new recipe for «Soummam» Greek yogurt based on chia seeds, oat flakes, and banana puree. This product was evaluated for its physico-chemical, microbiological, and sensory characteristics to study the impact of these additions on various aspects of the product. The physico-chemical analyses of the four samples revealed varied results such as pH, which was within the industry standard, titratable acidity, and total dry extract, which were at the company's standard limit. As for the fat content, it was compliant for the control sample but below the standard for the elaborated samples. Conductivity showed stable results for each preparation. The polyphenol content remained intact until the 28th day of monitoring. From a microbiological perspective, the enumeration results of the contamination flora and the monitoring of the lactic flora's survival showed satisfactory results, no contaminants and a stable and considerable load of ferment was recorded throughout the monitoring period. Sensory analysis demonstrated good acceptability of the formulated yogurts, with a marked preference for the GBF and GB samples. We can conclude that this research enabled the development of new Greek yogurt recipes with a good balance between viable lactic ferment load and polyphenol content. Relatively stable physico-chemical analyses, and good acceptability of the enriched products.

**Keywords:** Enriched yogurt, physicochemical quality, microbiological quality, sensory quality, functional food.

## ملخص.

هدفت هذه الدراسة إلى صياغة وصفة جديدة للزبادي اليوناني من شركة «صومام» تعتمد على بذور الشيا، رقائق الشوفان، وهريس الموز. تم تقييم المنتج لخصائصه الفيزيائية-الكيميائية، الميكروبيولوجية والحسية لدراسة تأثير هذه الإضافات على مختلف جوانب المنتج. كشفت التحاليل الفيزيائية-الكيميائية للأربعة عينات عن نتائج متنوعة مثل درجة الحموضة التي كانت ضمن المعايير الصناعية، الحموضة القابلة للمعايرة والمستخلص الجاف الكلي التي كانت على حدود معيار الشركة. أما بالنسبة للدهون، فقد كانت مطابقة للمعيار في العينة الضابطة لكنها أقل من المعيار في العينات الأخرى. أظهرت التوصيلية نتائج مستقرة لكل التحضيرات. بقيت نسبة البوليفينول ثابتة حتى اليوم الـ 28 من المتابعة. من الناحية الميكروبيولوجية، أظهرت نتائج تعداد الفلورا الملوثة ومتابعة بقاء الفلورا اللبنية نتائج مرضية حيث لم يكن هناك أي ملوث وتم تسجيل حمولة ثابتة وكبيرة من الخمائر طوال فترة المتابعة. أظهرت التحاليل الحسية قبولاً جيداً للزبادي المُعدّ مع تفضيل واضح للعينات GB و GBF. يمكننا أن نستنتج أن هذه الدراسة مكنت من تطوير وصفات جديدة للزبادي اليوناني بتوازن جيد بين حمولة GB و GBF الخمائر اللبنية الحية ومحتوى البوليفينول. استقرار التحاليل الفيزيائية-الكيميائية، وقبول جيد للمنتجات المُعززة

**الكلمات المفتاحية:** الزبادي المدعم، الجودة الفيزيائية الكيميائية، الميكروبيولوجية، الحسية، الغذاء الوظيفي

## Résumé

Cette étude avait pour but la formulation d'une nouvelle recette de yaourt grec de « Soummam » à base de graines de chia, flocons d'avoine et purée de banane. Ce dernier a été évalué pour ses caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles, afin d'étudier l'impact de ces ajouts sur divers aspects du produit. Les analyses physico-chimiques des quatre échantillons ont révélé des résultats variés tels que le pH, qui était dans la norme fixée par l'industrie, l'acidité titrable et l'extrait sec total, qui étaient à la limite de la norme de l'entreprise. Pour ce qui est de la matière grasse, elle était conforme pour la base lactée mais inférieure à la norme pour les échantillons élaborés. La conductivité a montré des résultats stables pour chacune des préparations. La teneur en polyphénols est restée intacte jusqu'au 28ème jour du suivi. Sur le plan microbiologique, les résultats de dénombrement de la flore d'altération ainsi que le suivi de la survie de la flore lactique ont montré des résultats satisfaisants, une charge stable et considérable des ferments a été enregistrée tout au long du suivi. L'analyse sensorielle a démontré une bonne acceptabilité des yaourts formulés, avec une préférence marquée pour les échantillons GBF et GB. On peut conclure que cette recherche a permis de développer de nouvelles recettes de yaourt grec avec un bon compromis entre la charge des ferments lactiques viables et la teneur en polyphénols. Des analyses physico-chimiques relativement stables ainsi qu'une bonne acceptabilité des produits enrichis.

**Mots clés :** Yaourt enrichi, qualité physicochimique, microbiologique, sensorielle, aliment fonctionnel.

## Agzul

Tazrawt-agi iswi-s d asenfali n talḠa tamaynut n uyawurt agrigi n « şumman », iwumi rnan zzerriëa n cciya, tameččimt n uzekkun, akk d iziḍ n lbanan . Tislaḍ n tfizikt nrebea n tukkisin sekneḍ-igemaḍ yemgaraden am pH, I yellan deg tegnut i d-tegga temguri, id-yekkan nnig n wazal-is, i d-yekkan nnig n waya, I yellan yer talast n tegnut n tkebbanit-nni. yef wayen yeenan tanga tazurant, Tella temtawa d unagi, meena ddaw leenaya n tukkisin i d-yettuḗebban. Tessken-d tnekkit igemaḍ urkiden i yal yiwen deg uheggi. Anbaḍ n polyphens yeqqim akken yeqwem armi d ass wis n uḍfar. deg unnar amikrumdeswal, Igemaḍ n tufya n yimyan akked uḍfar n tmeddut n ugelmim. Ulac asenteḍ akked usali urkid n wuzzal yettwakelsen yef teyzi n uḍfar. Tasleḍt anamek-is tesbeggen-d arkaḍ yelhan n yiyawuten yettwasilyen, S usmenyaf yettwacerḍen i tukkisin GBF akked GB. Nezmer ad d-nini d akken anadi-agi yeḡḡa ad d-yesnerni tilmi timaynutin wuzzal yettwakelsen yef teyzi n uḍfar. Tasleḍt anamek-is tesbeggen-d arkaḍ yelhan n yiyawuten yettwasilyen, S usmenyaf yettwacerḍen I tukkisin GBF akked GB. Nezmer ad d-nini d akken anadi-agi yeḡḡa ad d-yesnerni tilmi timaynutin n uyawurt agrigi S umtawa yelhan gar usali n wuzzal n ugelmim ur nesëi tamtilt d unebbad n polyphens. Tislaḍ n tfizikt d tid i d-yettawin yid-sent atas n yisufar i d-yettawin yid-sent.

**Awalen tisura:** Ayawurt, Tayara tasenzikt, amikrumdeswal, Tanafut, Učči awuran.