

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA**

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

**Développement d'une nouvelle
formulation de yaourt à boire
enrichi en gingembre**

Présenté par :

Mlle AINAS Elena

Soutenu le : 02/07/2025

Devant le jury composé de :

Mme BENACHOUR Karima	MAA	Présidente
Mme FARADJI Samia	Pr	Examinatrice
Mr BARACHE Nacim	MCA	Promoteur
Mr ZEGHBIB Walid	MAB	Co-Promoteur

Année universitaire : 2024/2025

Dédicace :

Je dédie ce travail à l'âme de mes chers grands-parents, ainsi qu'à mon oncle *Mustapha*, dont le souvenir vit en moi

A ma grand-mère *Taoues*, symbole de tendresse et d'amour.

A mes parents, papa *Rachid* et maman *Hayet*, pour leur amour, leur soutien et leurs sacrifices, sans lesquels rien de tout cela n'aurait été possible.

Un remerciement spécial à mon frère *Ryad* qui as toujours été là, depuis ma naissance, mes premiers pas et jusqu'à ce jour. Ton soutien, ta présence et ton amour de grand frère ont été ma force silencieuse. Merci d'être toujours derrière moi, dans l'ombre comme dans la lumière. Ce mémoire te doit beaucoup mon ange gardien, tu as cru en moi parfois plus que moi-même, tu as porté mes colères, calmé mes doutes, partagé mes joies comme mes peines. Pour tout ce que tu as fait, pour tout ce que tu fais, pour tout ce que tu es, merci du fond du cœur mon *Dado*.

A mes frères *Md.Toufik* et *Farid*. Et à mon unique et ma complice de toujours ma sœur *Leila*, et à ma belle-sœur *Souhila*, pour leur affection, leur présence et leurs encouragements.

A mes enfants du cœur, *Adem*, *Aylan* et *Ayoub*, mes neveux que je considère comme mes propres fils, et qui sont ma plus belle source de motivation, de bonheur et de joie.

A mes oncles *Mohamed*, *Noredline*, *Lounes* et *Saadi*. A mes tantes *Yamina*, *Malika*, *Sonia*, *Hakima* et *Dalila*. Et à toute ma famille, cousins, cousines, proches, dont l'amour m'a toujours portée.

Et à mes professeurs, pour leur transmission de savoir, leur exigence, leur bienveillance et leur accompagnement tout au long de ce parcours.

Et enfin, à moi-même, à celle que je suis devenue, à celle qui a tenu bon. A mes nuits blanches, à mes doutes, à mon courage silencieux et à mes efforts constants. Je me dédie ce travail, en souvenir de tout ce que j'ai traversé pour y arriver.

F. Sie.

Remerciements :

Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux.

« Dis : il est Allah, unique. (1) Allah, le seul à être imploré pour ce que nous désirons. (2) Il n'a jamais engendré, n'a pas été engendré non plus. (3) Et nul n'est égal à Lui. »
(Sourate Al-Ikhlâs, chapitre 112).

Avant tout, je remercie le Dieu pour m'avoir donné la force et la patience nécessaire à l'accomplissement de ce travail.

C'est avec plaisir que je réserve ces quelques lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à l'égard de tous ceux qui m'ont aidé de façon directe ou indirecte à la réalisation de mon projet de fin d'étude.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur *Barache Nacim*, mon encadrant, pour son accompagnement, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de ce mémoire.

J'exprime également ma reconnaissance à Monsieur *Zeghibi walid*, pour le suivi et l'aide apportés lors des tests réalisés au laboratoire de l'université.

Je remercie respectueusement les membres de jury, la présidente *Mme BENACHOUR Karima* et l'examinatrice *Mme FARADJI Samia*, qui ont accepté d'évaluer ce travail et d'apporter leurs remarques et leurs conseils enrichissants.

Je remercie également toute l'équipe du laboratoire de la Laiterie SOUMMAM, pour leur accueil, leur confiance et leur accompagnement tout au long de mon stage. Je tiens à rendre hommage à la mémoire du fondateur, Hadj Hamitouche Lounis, décédé durant ma présence au sein de l'entreprise que dieu lui accorde sa miséricorde.

Sommaire

INTRODUCTION	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I. Généralités sur les yaourts.....	3
I.1. Historique	3
I.2. Définition	3
I.3. Composition.....	4
I.4. Types de yaourts.....	4
I.5. Procéder de fabrication.....	5
I.6. Les ferments lactiques du yaourt.....	6
I.7. L'interaction entre les deux ferments du yaourt	7
I.8. Impact des ferments sur les propriétés physicochimiques.....	8
I.9. Propriétés nutritionnelles.....	10
II. Les yaourts enrichis.....	10
II.1. Enrichissement en probiotiques et en prébiotiques	11
II.2. Enrichissement avec les fruits.....	11
III. Impact de l'enrichissement sur la qualité organoleptique et nutritionnelle	12
IV. Enrichissement du yaourt avec du gingembre.....	13
IV.1. Les effets bénéfiques du gingembre sur la santé humaine	14
IV.2. Effets du gingembre sur le yaourt.....	14
MATERIEL ET METHODES	16
OBJECTIF ET LIEU D'ETUDE	16
I. Processus de formulation des préparations au gingembre.....	16
Deux préparations ont été réalisés une à base de gingembre frais (GM) et l'autre à base de gingembre en poudre (GP). Le schéma ci-dessous explique les étapes suivies :.....	
II. Processus de fabrication du yaourt à boire	17
III. Analyse sensorielle	19
IV. Analyses physicochimiques.....	20
IV.1. Mesure du pH	20
IV.2. Mesure de l'acidité Dornic.....	20

IV.3.	Dosage de taux de matière grasse	21
IV.4.	Détermination de l'extrait sec total	21
IV.5.	Détermination de l'activité antioxydante	21
V.	Analyses microbiologiques.....	22
V.1.	Préparation de la solution mère et des dilutions	22
V.2.	Dénombrement des ferments lactiques.....	23
V.3.	Recherche et dénombrement des coliformes	23
V.4.	Dénombrement des levures et moisissures.....	24
V.5.	Recherche des <i>Salmonella</i>	24
V.6.	Recherche de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	25
V.7.	Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	25
V.8.	Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	25

RESULTATS ET DISCUSSION.....26

I.	Analyse sensorielle	26
I.1.	Analyse en composante principale (ACP)	27
II.	Analyse physicochimiques	28
II.1.	Mesure de pH	28
II.2.	Mesure de l'acidité Dornic.....	29
II.3.	Dosage de taux de matière grasse	30
II.4.	Détermination de l'extrait sec total	31
II.5.	Détermination de l'activité antioxydante.....	32
III.	Analyse microbiologiques	34
III.1.	Préparations au gingembre	34
III.2.	Produit fini	34
III.3.	Dénombrement de la flore lactique	35
IV.	Plan commercial	37
IV.1.	Fiche technique du produit fini	37

CONCLUSION38

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ANNEXE

RESUME

Liste des tableaux

Tableau I: Composition chimiques des yaourts	4
Tableau II: Composition nutritionnelles pour 100g de yaourt	10
Tableau III: Répartition des macronutriments du gingembre.....	14

Liste des figures

Figure 1: Diagramme de fabrication des principaux types de yaourt.....	5
Figure 2: Aspect de cellules en forme sphérique, Gram positif et la souche <i>Streptococcus thermophilus</i>	6
Figure 3: Aspect des cellules en forme de bacille, Gram positif de la souche <i>L. bulgaricus</i>	7
Figure 4 : Schéma représentant l'interaction proto-coopération entre les deux ferments.	8
Figure 5: Rhizome de <i>Zingiber officinale</i>	13
Figure 6: Schéma représentant le processus de formulation des préparations GM et GP. .	16
Figure 7: Schéma illustrant la formulation du yaourt à boire enrichi avec les deux préparations testées.	18
Figure 8: Graphique radar représentant le profil sensoriel des huit échantillons de yaourts évalués par les dégustateurs.	26
Figure 9: Analyse en composantes principales des résultats obtenus à partir de l'évaluation sensorielle des huit échantillons de yaourt (de A jusqu'à H).	27
Figure 10: Evolution de pH des deux yaourts formulés pendant 28 jours. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.	28
Figure 11: Evolution de l'acidité Dornic des deux yaourts formulés en fonction de temps durant 28 jours. GM: yaourt à base de gingembre frais. GP: yaourt à base de gingembre en poudre.....	29
Figure 12: Suivi du taux de MG des deux yaourts formulés pendant 28 jours. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.....	30
Figure 13: Suivi de l'extrait sec total des deux yaourts formulés pendant 28 jours. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.....	31
Figure 14: Evolution des composés phénoliques durant la période de stockage. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.....	32
Figure 15: Suivi de l'ABTS durant la période de stockage. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.....	33
Figure 16: Courbe de l'évolution de <i>L. bulgaricus</i> en log UFC/mL dans les deux yaourts formulés pendant la période de stockage à 4C°	35
Figure 17: Courbe de suivi de <i>Streptococcus thermophilus</i> en log UFC/mL dans les deux yaourts formulées pendant la période de stockage à 4C°	36
Figure 18: Yaourt à boire enrichi au gingembre naturel.....	37

Liste des figures en annexes:

Figure 01: Courbe d'étalonnage de l'acide galique en fonction de l'absorbance à 760nm.

Figure 02: Courbe d'étalonnage de Trolox en fonction de l'absorbance à 734nm.

Liste des abréviations

°D : degré Dornic.

ABTS: 2,2-Azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique acid).

ACP : Analyse en Composante Principale.

CSR : *Clostridium* sulfito-réducteur.

EAG : Equivalent d'Acide Gallique.

EPS : Exo-polysaccharides.

EST : Extrait Sec Totale.

GM : yaourt enrichi avec du gingembre frais.

GP : yaourt enrichi avec du gingembre en poudre.

GRAS: Generally Reconized As Safe.

ISO: Organisation Internationale de Normalisation.

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne.

M17 : gélose de dénombrement des *Streptococcus thermophilus*.

MG : Matière Grasse.

MK: Muller Kaufman.

MP : Matière Protéiques

MRS: gélose Man, Régosa, Sharpe.

PCA: Plat Count Agar.

PDL : Poudre Du Lait

RVS : Rappaport-vassiliadis-soja.

SARL : société à responsabilité limitée.

TSE : Tryptone sel eau.

UFC : unité formant colonies.

VF : Viande Foie.

VIH: Virus Immunodéficience Humaine.

VRBL: Violet Red Bile Lactose.

XLD: Xylose Lysine Deoxycholate agar.

YGC: Yeast Extract Glucose Chloramphenicol.

Introduction

Introduction

Le lait cru peut être consommé directement sous forme liquide, ou peut être transformé en produits laitiers afin d'améliorer sa qualité de conservation et préserver sa valeur nutritionnelle (**Olusola et Mercy, 2018**). L'origine exacte de la première fabrication accidentelle de produits laitiers fermentés est difficile à établir, mais elle pourrait remonter à 10 000 à 15 000 ans. En outre, les preuves de la fermentation du lait datent de la période ptolémaïque dans l'Égypte ancienne (**Bintsis et Papademas, 2022**).

L'histoire des laits fermentés est étroitement liée à la consommation du lait et à sa conservation (**Bourlioux, 2007**). Le lait est un mélange à plusieurs composants, dont les principaux sont des protéines, des graisses, du lactose, des vitamines et des minéraux, impliqués dans la formation d'un aliment complexe (**Kubicová et al, 2019**). Le lait de vache et les produits laitiers ont une longue tradition dans l'alimentation humaine. La consommation de lait et de produits laitiers varie considérablement selon les régions (**Aleksandra et al. 2009**), de nouveaux types de lait fermenté sont disponibles, préparés en ajoutant des fruits ou des arômes, enrichis par des vitamines ou par d'autres ingrédients, telles que des bactéries lactiques sélectionnées à l'exemple de *Lactobacillus acidophilus* et plusieurs espèces de *Bifidobacterium* (**Zourari et al, 1992**).

Le yaourt est l'un des produits laitiers fermentés les plus populaires dans le monde et s'est largement répandu comme étant un aliment sain accepté par les consommateurs. Il fournit une gamme de nutriments en quantités importantes, par rapport à sa teneur en énergie et en matières grasses, ce qui fait du yaourt un aliment riche. En particulier, il apporte à l'organisme des quantités importantes de calcium sous une forme hautement biodisponible. De plus, il offre de nombreux bienfaits pour la santé au-delà de son apport nutritionnel de base, notamment une meilleure tolérance au lactose, un rôle potentiel dans la gestion du poids et la réduction de la teneur en matière grasse, ainsi que divers effets bénéfiques liés aux bactéries probiotiques (**Mckinley, 2005**).

L'enrichissement des yaourts avec des aliments fonctionnels est une approche prometteuse pour améliorer leurs bienfaits sur la santé et leur qualité organoleptique. Parmi ces ingrédients, le gingembre est particulièrement intéressant en raison de ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et digestives. Cependant, son impact sur la viabilité des ferments lactiques et la qualité du yaourt reste à étudier.

Le gingembre épicé est obtenu à partir des tiges ou rhizomes souterrains du *Zingiber officinale*, une plante herbacée tropicale vivace appartenant à la famille des Zingibéracées, sa valeur médicale est de plus en plus reconnue. Le gingembre est originaire d'Asie du Sud-Est, probablement en Inde (**Vasala, 2012**).

Le yaourt au gingembre peut être utilisé comme aliment fonctionnel. En effet, le gingembre n'exerce aucun effet inhibiteur sur les bactéries lactiques totales, son ajout n'altère donc pas la viabilité des ferments lactiques (**Melia et al., 2022**).

Notre étude vise à élaborer une nouvelle recette du yaourt à boire de la marque « Soummam » additionnée avec du gingembre, dont l'objectif est d'évaluer l'effet de cet additif sur les propriétés sensorielles, physico-chimiques et microbiologiques du yaourt élaboré.

Pour cela, deux méthodes d'incorporation du gingembre en post-fermentation ont été réalisées l'une avec ajout de jus de gingembre et l'autre par ajout de la poudre de gingembre. Dans chaque méthode deux arômes sont testés en complément avec l'arôme du miel et l'arôme du citron. Cette étude permettra de déterminer la meilleure formulation pour un yaourt fonctionnel enrichi en gingembre, en conciliant bénéfices santé et qualité du produit.

Le manuscrit est divisé en trois chapitres :

- ✓ le premier chapitre représente la synthèse bibliographique du « yaourt » et le « gingembre ».
- ✓ Le deuxième chapitre décrit la méthodologie de l'industrie utilisée pour élaborer la nouvelle recette du yaourt à boire au gingembre.
- ✓ Le troisième chapitre analyse les résultats obtenus suivie d'une interprétation.
- ✓ Enfin le manuscrit se conclut par une synthèse des principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives d'évolution de ce projet

Synthèse bibliographique

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les yaourts

I.1. Historique

Le mot « yaourt » venant du mot turc «yogurtmak », qui signifie épaissir, coaguler ou cailler (**Fisberg et Machado, 2015**). Il est rapporté qu'environ 3000 ans avant J.C, les nomades des hauts plateaux turcs conservaient le lait de brebis dans des sacs en peau de mouton. Au contact des bactéries indigènes présentes dans ces contenants, le lait subissait une fermentation naturelle, donnant naissance à la première forme de yaourt (**Zhang et al., 2023**).

En 1902, deux médecins français, Rist et Khoury, isolent pour la première fois les bactéries présentes dans le leban égyptien. Puis Élie Metchnikoff, élève de Pasteur, reçoit ces échantillons à Paris, les fait analyser et isole, en 1904, les bactéries spécifiques du yaourt, dont *Lactobacillus bulgaricus*, associée à *Streptococcus thermophilus* (**Bourlioux, 2007**).

L'industrialisation des laits fermentés n'a démarré qu'au XXe siècle. En effet, c'est en 1919 qu'Isaac Carasso (fondateur de la société Danone) commença à produire du yaourt à Barcelone selon des procédés industriels et lance la marque « Danone ». Celui-ci est vendu exclusivement en pharmacie ; les médecins le prescrivent en effet pour soigner les problèmes intestinaux des bébés. Par ailleurs, en 1929, son fils Daniel (d'où vient le nom de Danone) lance le produit en France (**Pelletier et al., 2007; Bourlioux, 2007**). Le yaourt est aujourd'hui un produit très populaire et constitue un élément important du régime alimentaire en Europe, en Australie et dans de nombreuses autres régions du monde (**Chandan et al., 2017**).

I.2. Définition

Le yaourt qui est parfaitement défini depuis 1975 par le Codex alimentarius. Cette définition internationale révisée en 2003 spécifie que seuls les laits fermentés contenant les espèces vivantes *S. thermophilus* et *L. bulgaricus*, n'ayant donc subi aucun traitement thermique après fermentation, peuvent bénéficier de l'appellation « yaourt ». le nombre de bactéries vivantes à la date limite de consommation doit être égale à 10^7 UFC/g (**Bourlioux et al., 2011**), présentant une teneur en acide lactique minimale de 0,7 % (**Béal et Helinck, 2019**).

I.3. Composition

Les yaourts renferment 80 à 90 % d'humidité, et participent donc à l'hydratation de l'organisme (**Bourlioux, Braesco, et Mater, 2011**).

En se basant sur les normes établies par le CODEX ALIMENTARIUS de 2003, la composition du yaourt est décrite dans le tableau suivant :

Tableau I: Composition chimiques des yaourts (**CODEX STAN 243-2003**).

Protéine du lait (m/m%)	Minimum 2,7%
Matière grasse du lait (m/m%)	inférieure à 15%
Acidité titrable, exprimée en % d'acide lactique (m/m%)	Minimum 0,6%
Ethanol (vol/m%)	/
Somme des microorganismes constituant le levain (UFC/g, au total)	Minimum 10^7
Micro-organismes étiquetés (UFC/g, total)	Minimum 10^6
Levures (UFC/g)	/

I.4. Types de yaourts

Il existe également différentes dénominations pour décrire la texture du yaourt. On parle, entre autres, de yaourt ferme, de yaourt brassé et de yaourt à boire.

I.4.1. Yaourt ferme : le laitensemencé est directement mis en pot et la fermentation a lieu dans le pot. Le mélange ne doit plus être remué afin d'obtenir une texture ferme (**Luquet et al., 2005**).

I.4.2. Yaourt brassé : le laitensemencé est fermenté dans des cuves et puis brassé, il est ensuite mis en pots (**Luquet et al., 2005**).

I.4.3. Yaourt à boire : Un yaourt à boire est un lait fermenté brassé, de faible viscosité. Il est souvent sucré et/ou aromatisé à l'aide de jus ou de purées de fruits. Il est plutôt consommé comme une boisson rafraîchissante que comme un aliment (**Béal et Helinck, 2022**).

I.4.4. Yaourt concentré (grec) : Sa texture épaisse et onctueuse est attribuable à sa méthode de fabrication, qui consiste à retirer le liquide du yogourt brassé. Ce procédé, nommé «égouttage», fait du yogourt grec un concentré de protéines, car il est moins dilué que le yogourt brassé (**lafamilledulait.com**).

I.5. Procéder de fabrication

Le diagramme de production diffère selon le type de produit élaboré (yaourt ferme, brassé, à boire ou concentré) et présente des variantes selon sa teneur en matières grasses et son arôme. Le diagramme général de production des laits fermentés nature est présenté dans la figure suivante (Béal et Helinck, 2022).

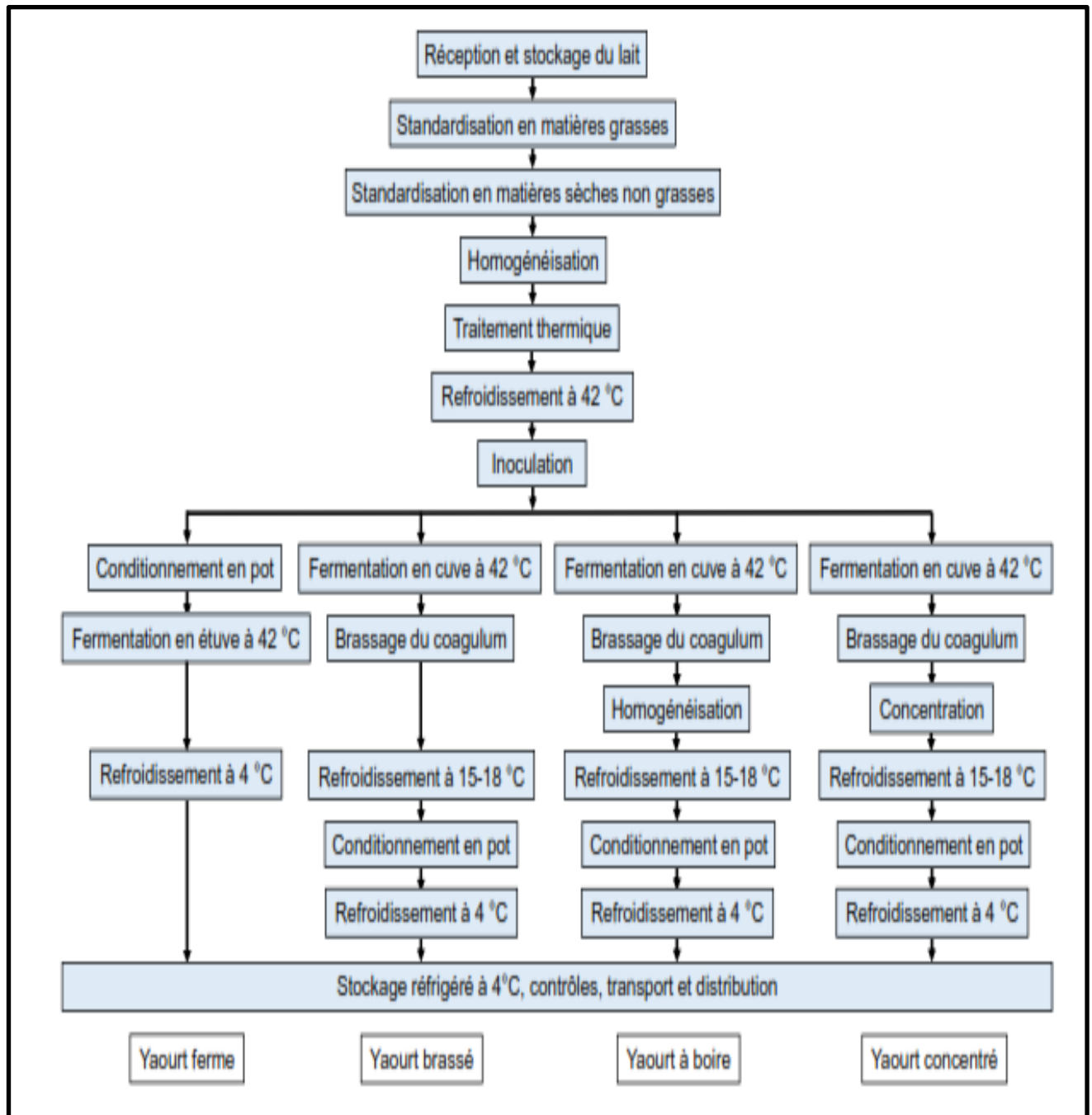


Figure 1: Diagramme de fabrication des principaux types de yaourt (Béal et Helinck, 2022).

I.6. Les ferments lactiques du yaourt

I.6.1. *Streptococcus thermophilus*

C'est une bactérie anaérobie facultative à gram positif avec une forme sphérique / ovoïde de 0,7 à 0,9 µm de diamètre, c'est une bactérie naturel du lait et qui se regroupe sous forme de longue chainettes de 10 à 20 cellules (représenté dans la figure 2) et fermente le lactose par homofermentation pour donner de l'acide lactique (**Robinson, 2002; Roussel et al., 1994**).

S. thermophilus appartient au groupe *salivarius* qui comprend également *S. salivarius* et *S. vestibularis*. *S. thermophilus* est la seule espèce du genre *Streptococcus* utilisée dans les industries alimentaires, généralement reconnue comme sûre. Parce qu'elle est consommée par les humains depuis des siècles sans aucun risque sur la santé, d'où son statut GRAS (Generally Reconized as Safe) accordé par la Food and Drug Administration (FDA). *S. thermophilus* est l'une des bactéries de base du yaourt et constitue la deuxième espèce la plus importante des bactéries lactiques industrielles après *Lactococcus lactis* (**Uriot et al., 2017**).

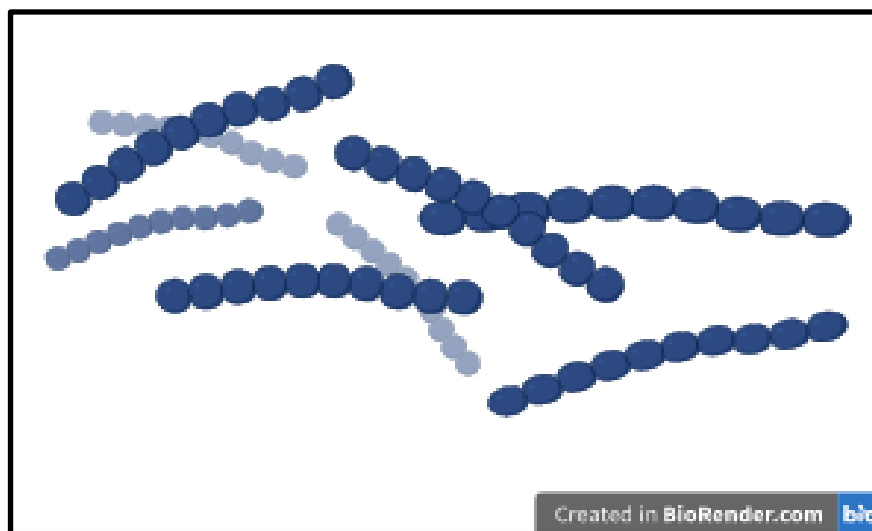


Figure 2: Aspect de cellules en forme sphérique, Gram positif et la souche *Streptococcus thermophilus* (Crée par biorender).

I.6.2. *Lactobacillus bulgaricus*

L. bulgaricus est une bactérie à gram positif et se présente dans le lait sous forme de chaîne de 3 à 4 bâtonnets courts (0,5 à 0,8 x 2,0 à 9,0 µm) (représenté dans la figure 3), avec des extrémités arrondies, son métabolisme de base est homofermentaire. Ces lactobacilles ont la capacité d'hydrolyser la caséine et libérer des peptides et peuvent utilisés le lactose, le fructose, le glucose et même le galactose pour certaines souches. Leurs température optimale de croissance est de 45°C (**Robinson, 2002**).

Cette espèce tire l'essentiel de son énergie de la fermentation homolactique, tolère la concentration d'O₂ dans l'air, moins que *S. thermophilus*. Cette bactérie à un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (**Marty-Teyssset et al., 2000**).

L. bulgaricus fait partie des microorganismes probiotiques qui sont utilisés lors de la fabrication du yaourt (**Tamime, 2002**).

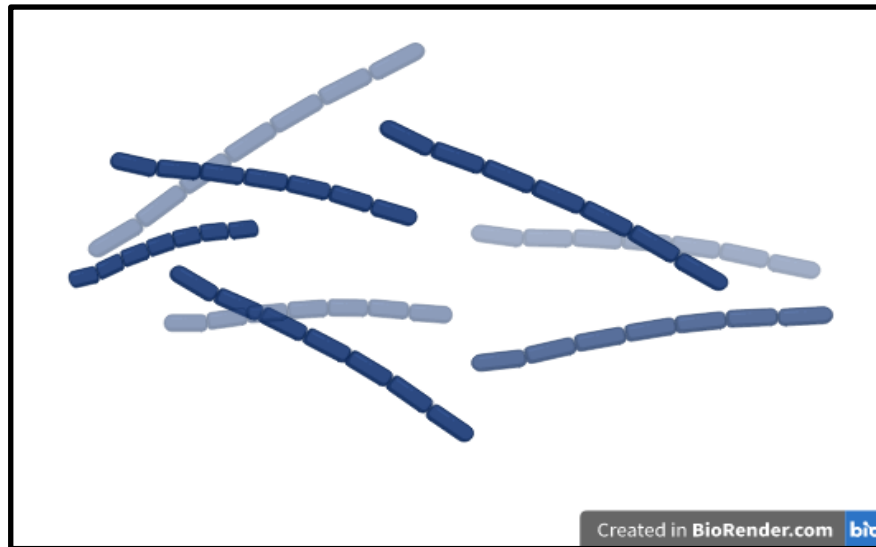


Figure 3: Aspect des cellules en forme de bacille, Gram positif de la souche *L. bulgaricus* (Crée par biorender).

I.7. L'interaction entre les deux ferments du yaourt

Lors de la production de yaourt, l'utilisation combinée de *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* permet de valoriser l'interaction indirecte positive existante entre ces deux espèces. Cette interaction mutuellement favorable aux deux espèces est appelée proto-coopération représentée dans la figure N° 04, qui est l'un des facteurs clés qui déterminent le processus de la fermentation et la qualité finale du yaourt (**Settachaimongkon et al., 2014**).

Elle se traduit par une augmentation de la vitesse d'acidification par rapport à celles observées en cultures pures, un accroissement de la charge bactériennes, une protéolyse plus prononcée et une amélioration de la production des composés aromatiques à l'exemple de l'acétaldéhyde, joue également un rôle important dans la stabilité physique du produit (réduction des problèmes de synérèse) (**Béal et Helinck, 2022**).

S. thermophilus, qui présente naturellement une faible activité protéolytique, est stimulé par les petits peptides et acides aminés libérés par l'activité protéolytique du lactobacille, assurée par l'action de sa protéase de paroi PrtB. En retour, *S. thermophilus* fournit du CO₂ et de l'acide formique et l'acide folique, qui vont stimuler la croissance de *L. bulgaricus* (Béal et Helinck,2022).

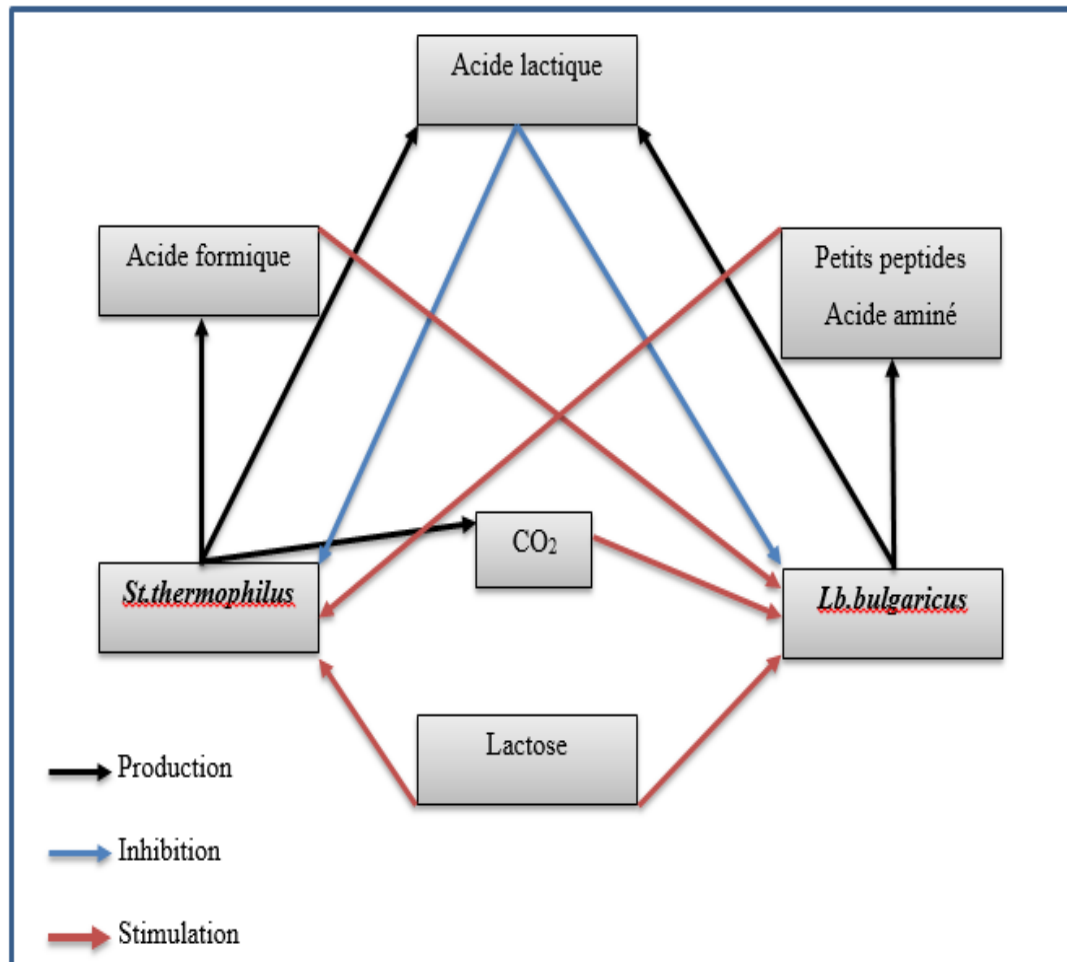


Figure 4 : Schéma représentant l'interaction protocoopération entre les deux ferments (Mahaut et al., 2000).

I.8. Impact des ferments sur les propriétés physicochimiques

Les Streptocoques et des Lactobacilles jouent un rôle crucial dans la fabrication du yaourt principalement à travers trois processus primordiaux : l'acidification du lait, la synthèse de composés aromatiques, le développement de la texture et la viscosité. Ce dernier processus est principalement essentiel pour les yaourts brassés et liquides où la consistance doit-être soigneusement contrôlée. En production industrielle, la sélection des ferments repose sur ces trois propriétés afin d'assurer la stabilité du produit fini (Zourari et al., 1992).

S. thermophilus et *L. bulgaricus* jouent un rôle essentiel dans la fabrication du yaourt en assurant l'acidification du lait, principalement par la production d'acide lactique à partir du lactose, par conséquent les micelles de caséine se précipitent totalement lorsque le pH atteint 4,6 - 4,7, ce phénomène entraîne la formation d'un gel qui est un élément clé dans la texture et la consistance du yaourt. Par ailleurs, l'acide lactique est aussi responsable de son goût acidulé. Une légère acidification peut se poursuivre lors du stockage au froid, en fonction des souches bactériennes utilisées, en particulier chez les Lactobacilles (**Zourari et al., 1992 ; Farag et al., 2022**).

Les bactéries lactiques sont capables de produire des exopolysaccharides (EPS), qui améliorent la texture du yaourt ainsi que ses propriétés rhéologiques et limite la synérèse (séparation du sérum) grâce à leurs capacités épaississantes et structurantes (**Prete et al., 2021**).

La saveur caractéristique du yaourt résulte principalement de la production d'acide lactique et d'un ensemble de composés aromatiques issus de la dégradation des protéines, du lactose et des lipides du lait. Ces composés, notamment le diacétyl et l'acétoïne, sont produits par les bactéries lactiques pendant la fermentation. En outre, la protéolyse est un mécanisme essentiel de conversion des protéines en acides aminés, puis transformés en composés aromatiques (amines, aldéhydes...etc) qui enrichissent l'arôme typique du yaourt (**Alam et al., 2025**).

I.9. Propriétés nutritionnelles

Le yaourt est un aliment très riche en nutriments, constituant une source importante de macronutriments et de micronutriments notamment les glucides, les vitamines, les minéraux et des protéines, qui sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Le tableau ci-dessous présente la composition nutritionnelle pour 100 g de yaourt.

Tableau II: Composition nutritionnelles pour 100g de yaourt (Ciqual, 2020)

Composition	Teneur moyenne	Composition	Teneur moyenne
Glucide	7,47 g	Vitamine E	0,1 mg
Lipides	2,5 g	Sodium	44,4 mg
Sucres	7,24 g	Zinc	0,38 mg
Acides organique	0,98 g	Vitamine B1	0,033 mg
Cholestérol	11,8 mg	Vitamine B2	0,23 mg
Calcium	121 mg	Vitamine B3	0,15 mg
Fer	0,16 mg	Vitamine B5	0,35 mg
Magnésium	11,5 mg	Vitamine B6	0,051 mg
Phosphore	90,2 mg	Vitamine B9	20,5 µg
Potassium	161 mg	Vitamine B12	0,24 µg

II. Les yaourts enrichis

Le yaourt enrichi désigne un produit laitier auquel des nutriments ont été ajoutés dans le but d'en accroître la valeur nutritionnelle. Cet enrichissement consiste généralement à incorporer des vitamines telles que la vitamine D, la vitamine B12 ou la vitamine A, ainsi que certains minéraux comme le calcium. Il peut également inclure l'ajout de probiotiques ou d'autres composés bénéfiques contribuant au maintien de la santé (Antriksh, 2022).

Une consommation régulière de ce type d'aliments peut avoir des effets positifs sur la santé, à condition qu'ils soient intégrés dans le cadre d'une alimentation variée et équilibrée, et que leur efficacité soit fondée sur des données scientifiques solides (Sarkar, 2019).

II.1. Enrichissement en probiotiques et en prébiotiques

Les probiotiques contribuent à l'équilibre du microbiote intestinal et peuvent affecter sa composition et ses fonctions métaboliques via les voies gastro-intestinales ou la colonisation intestinale. Les avantages pour la santé étendus aux probiotiques comprennent: la prévention des allergies, soulager la constipation, réduire la diarrhée associée aux médicaments, réduisant la durée des infections respiratoires aiguës, amélioration des paramètres immunitaires chez les patients VIH, prévention et contrôle du cancer, réduction du cholestérol, régulation des graisses sanguines, facilitation, amélioration de l'absorption des minéraux et du corps immunitaire, prise en charge des ulcères gastriques **(Sarkar, 2019)**.

Certaines bactéries lactiques telles que *Lacticaseibacillus casei*, *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lactiplantibacillus plantarum* et *Limosilactobacillus fermentum* auraient une activité inhibitrice de la glucosidase et pourrait servir à atténuer les effets du diabète. **(Sarkar, 2019)**

Par ailleurs, les prébiotiques sont des ingrédients alimentaires nutritionnels non digestibles fermentés sélectivement et qui sont capables de stimuler la croissance et d'améliorer l'activité métabolique du microbiote intestinale normale. Les prébiotiques contribuent à la prévention de nombreuses maladies telles que le syndrome de l'intestin irritable, l'asthme, allergies, syndrome métabolique, diabète de type 2, obésité, maladies cardiovasculaires et cancer colorectal **(Kontareva et al., 2020)**.

II.2. Enrichissement avec les fruits

L'incorporation de sous-produits de la transformation des fruits permet de développer de nouveaux aliments fonctionnels riches en constituants nutritionnels. L'ajout de certains fruits au yaourt devrait modifier certains attributs tels que la cinétique de croissance bactérienne, les schémas d'acidification, les propriétés sensorielles et d'autres caractéristiques physico-chimiques **(Zahid et al., 2022)**.

La banane, est l'un des fruits les plus consommés, en particulier dans les pays tropicaux. Elle est riche en polyphénols, en fibres alimentaires et en minéraux essentiels. L'extrait de peau de banane verte présente une influence favorable sur les propriétés physicochimiques, antioxydantes, microbiologiques et sensorielles prévues du yaourt enrichi. De plus elles contiennent des niveaux élevés d'amidon résistant (n'est pas digérer dans l'intestin grêle), de fibres alimentaires et de certains composés bioactifs. Malgré son potentiel, la peau de banane verte reste souvent une ressource sous-exploitée et est généralement jetée lors des processus de transformation et de la consommation **(Mahomud et al., 2024)**.

Les figues sont des fruits particulièrement riches en fibres, en acides aminés (tels que l'acide aspartique et la glutamine), en vitamines, en caroténoïdes (comme la lutéine), en minéraux (tels que le fer, le calcium et le potassium), en polyphénols antioxydants, en sucres et en acides organiques. L'ajout de 30 % de purée de figues après la fermentation améliorent la texture, les qualités sensorielles et les paramètres fonctionnels sans affecter négativement la viabilité des bactéries lactiques (Teruel-Andreu et al., 2024).

III. Impact de l'enrichissement sur la qualité organoleptique et nutritionnelle

Les profils de composés aromatiques volatils produits par les bactéries lactiques influencent considérablement la saveur des produits fermentés. La saveur est un mélange de divers composés volatils tels que les acides lactique, l'acide acétique, l'acétaldéhyde, les esters éthyliques, l'acétone, les méthylcétones, le diacétyle. (Frag et al., 2022).

L'ajout des herbes et de différentes épices tels que la cardamome, la muscade et la cannelle améliorent la saveur du yaourt. De plus une teneur élevée en fibres contribue à la protection contre de nombreux troubles, notamment les troubles métaboliques, gastro-intestinaux et les maladies cardiaques, peut également améliorer le microbiote et l'immunité gastro-intestinale. L'ajout de vitamines (telles que B2, B3, B9 et B12), et les minéraux (tels que le calcium et le magnésium) dans le yaourt favorisent la santé cardiovasculaire et réduit le risque de maladie coronarienne. L'ajout de 30 % de vitamines et de minéraux au yaourt améliore la viscosité et réduit la synérèse. Les yaourts aux fruits ont une teneur en vitamine C doublée par rapport aux yaourts nature (Frag et al., 2022).

L'ajout de fruits au yaourt tels que la fraise, l'abricot, la banane, la pêche améliore sa saveur. Mais ces fruits peuvent influencer l'acidité du yaourt et influencent le développement des ferments lactiques, ce qui affecte par conséquent la durée de conservation du produit et ces propriétés sensorielles (Frag et al., 2022).

L'enrichissement avec la Farine de quinoa (*Chenopodium quinoa*) qui est une pseudo-céréale présente une valeur nutritionnelle élevée en tant que source d'acides gras insaturés, de protéines, de vitamines et de minéraux. Mais elle affecte négativement la stabilité du gel lors du stockage (Frag et al., 2022).

IV. Enrichissement du yaourt avec du gingembre

Le gingembre (*Zingiber officinale*) représenté dans la figure 5, est une plante herbacée vivace de la famille des Zingiberaceae (classification complète figure dans l'annexe 02), il fait partie du groupe des épices et figure sur la liste des produits généralement reconnus comme sûrs (GRAS) (Moghaddasi et Kashani, 2012). Le rhizome, la tige horizontale souterraine, est le composant prédominant du gingembre frais, contenant de l'humidité, des protéines, des lipides, des fibres, des glucides, des minéraux (Sebastián-Nicolas et al. 2024). L'arôme caractéristique du gingembre est le résultat du mélange de trois composés actifs non volatils: le premier est le gingérol qui est une huile piquante de couleur jaune, le deuxième est le shogaol qui est le produit de déshydratation du gingérol appartenant aussi aux vanilloïdes il est plus piquant que le gingérol, et le troisième est le zingérone qui est dérivé de la dégradation thermique du gingérol également connue sous le nom de vanillyl acétone qui est un composé bioactif du gingembre) (Shaukat et al., 2023).



Figure 5: Rhizome de *Zingiber officinale* (Butin, 2017)

D'un point de vue nutritionnel, l'apport calorique du gingembre est estimé à 332 Kcal pour 100g de plante fraîche. Cet apport provient principalement des glucides, comme le montre le tableau III suivant.

Tableau III: Répartition des macronutriments du gingembre (**Butin,2017**).

Composants	Quantité pour 100g
Eau	10g
Glucides totaux	70g
Amidon	55g
Sucre	3,5g
Fibres	De 12,5 à 14g
Protéines	9 g
Lipides	De 4 à 6g

IV.1. Les effets bénéfiques du gingembre sur la santé humaine

Le rhizome de *Zingiber officinale* est largement utilisé à travers le monde pour ses usages médicaux et culinaires, en raison de sa valeur ethnométriciale et nutritionnelle. Cette plante fait l'objet de nombreuses études pour ses diverses propriétés, notamment ses effets antimicrobiens, anticancéreux, antioxydant, antidiabétiques, anti-infectieuses et antihyperglycémiants. Egalement reconnu pour ses propriétés néphroprotectrices, hépatoprotecteur, larvicide, analgésique, anti-inflammatoire et immunomodulatrice, ainsi que ses capacités de prévention contre l'obésité et la protection cardiovasculaire (**Dissanayake et al., 2020; Shaukat et al.,2023; Habtemariam, 2019**).

IV.2. Effets du gingembre sur le yaourt

La réduction de pH accélérer le processus de la fermentation, permettant ainsi l'agrégation des micelles de caséine et leur atteinte du point isoélectrique (pH 4,6). Cela favorise la solubilisation du calcium colloïdal, améliorant ainsi la structure du yaourt (**Felfoul et al., 2017; Melia et al., 2022**).

L'ajout du gingembre entraîne une augmentation des taux de protéines, lipides, minéraux et vitamine, ce qui permet d'améliorer les propriétés nutritionnelles tout en réduisant la synérèse et améliorer la texture, le goût et l'apparence (**Felfoul et al., 2017**). De plus une faible teneur en eau est associée à une teneur plus élevée en protéines dans le yaourt. Le gingembre contient environ 40% d'amidon en poids sec ce qui peut optimiser la texture du produit (**Melia et al., 2022**).

Par ailleurs, le gingembre enrichit le yaourt avec une meilleure teneur en polyphénols, dont la concentration augmente progressivement au cours du stockage. Cette richesse en composés antioxydants qui permet de protéger le yaourt contre l'oxydation et prolonge sa stabilité. De plus, le yaourt enrichi en gingembre présente un pouvoir réducteur et une activité de chélation des métaux supérieurs à celles d'un yaourt classique, renforçant ainsi ses propriétés fonctionnelles (**Felfoul et al., 2017**)

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Objectif et lieu d'étude

L'objectif de cette étude est l'élaboration d'un aliment fonctionnel à base de yaourt liquide incorporé avec du gingembre et additionné par des arômes de citron et de miel. L'évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de ce yaourt ont été réalisées durant un stage de deux mois, plus précisément du 12 mars 2025 au 12 mai 2025 au niveau de la laiterie « SOUMMAM » située dans la zone industriel de Taharacht à AKBOU, wilaya de BEJAIA. (Annexe N°01)

Le gingembre frais et la poudre de gingembre proviennent d'une épicerie située à la commune de Sidi-Aich wilaya de Bejaia. Les arômes et la base lactée sont fournis par la laiterie « SOUMMAM ».

I. Processus de formulation des préparations au gingembre

Deux préparations ont été réalisés une à base de gingembre frais (GM) et l'autre à base de gingembre en poudre (GP). Le schéma ci-dessous explique les étapes suivies :

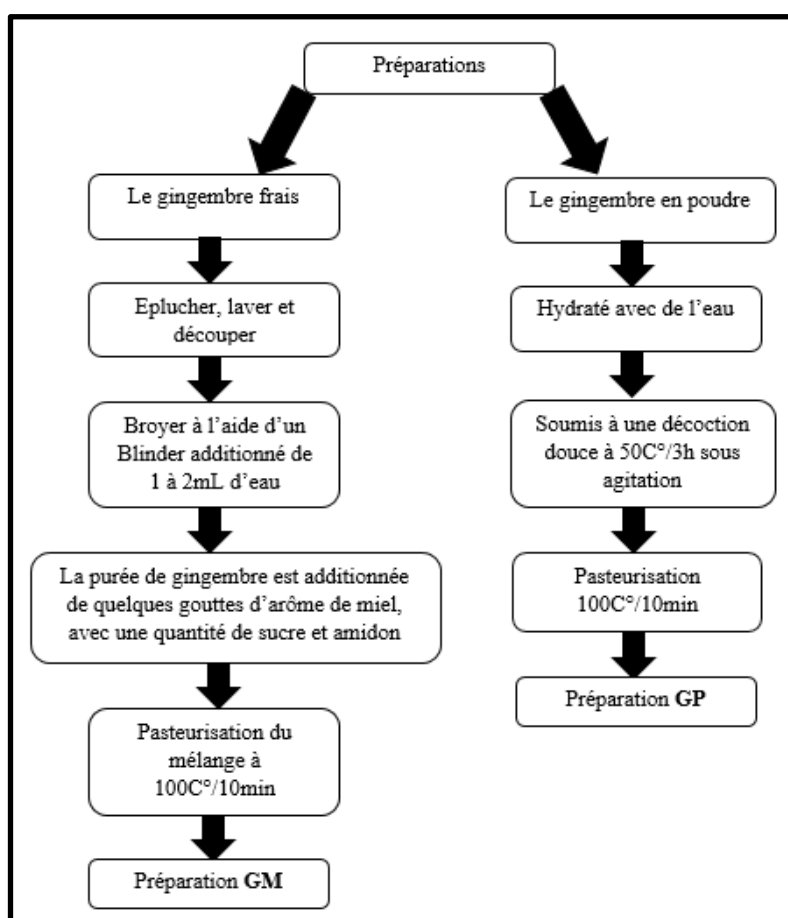


Figure 6: Schéma représentant le processus de formulation des préparations GM et GP.

II. Processus de fabrication du yaourt à boire

La base lactée a été produit au sein de la SARL laiterie « Soummam » en suivant le procédé industriel de fabrication de l'entreprise, représenté dans la figure 7. Le lait cru réceptionné est soumis à une pré-pasteurisation à 89°C pendant 5 minutes et un écrémage. Ce lait est ensuite standardisé avec l'ajout des poudres de lait (PDL) 26% et 0% matière grasse (MG), du sucre et de l'amidon. Le mélange est ensuite réhydraté et refroidit à environ 12°C à l'aide d'un échangeur à plaque (eau glacée/produit) puis est homogénéisé à l'aide d'un homogénéisateur (120bar à 65°C), le mélange subit un traitement thermique de 95°C/5min ensuite refroidit à 43°C. Les cuves sontensemencées avec les ferments lactiques qui sont *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Après incubation et maturation pendant 4h à 4h30min, la fermentation est arrêtée par un brassage du coagulum suivi d'un refroidissement à 20°C. La base lactée est ensuite conditionnée dans des bouteilles et c'est à ce niveau que les préparations du gingembre sont additionnées aseptiquement à raison de 10% de la préparation au gingembre frais et 1% de la préparation au gingembre en poudre, des proportions choisies sur la base de travaux antérieurs disponibles dans la littérature scientifique. Les bouteilles sont ensuite scellées avec les bouchons puis une homogénéisation est faite dans le but de mélanger les préparations avec la base lactée puis stockés à 4-6°C dans une chambre froide pour permettre d'effectuer les analyses physicochimiques et microbiologiques durant la période de conservation. Ce processus de fabrication est résumé dans la figure 7.

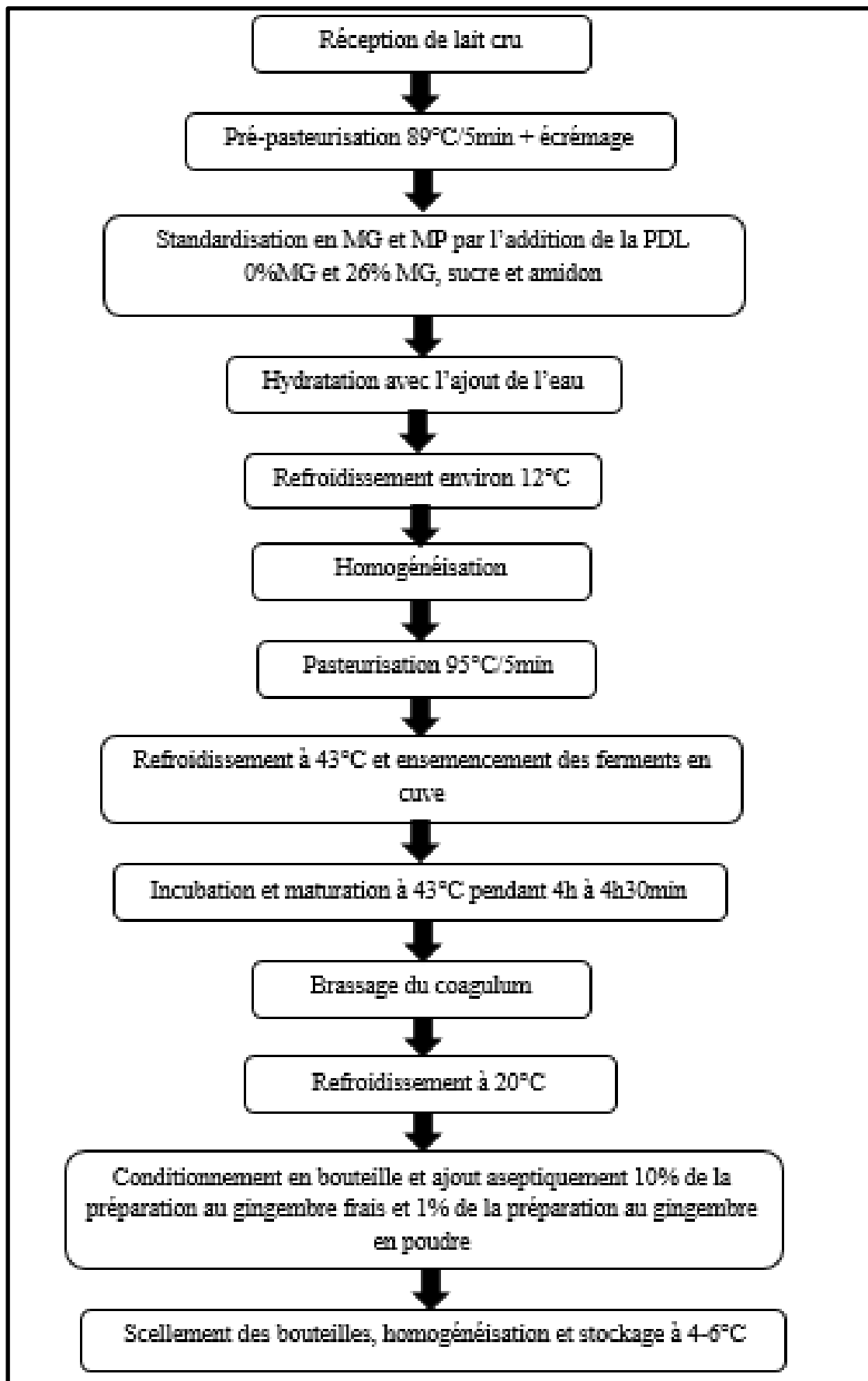


Figure 7: schéma illustrant la formulation du yaourt à boire enrichi avec les deux préparations testées.

III. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est une méthode qui permet d'évaluer un produit à travers les cinq sens, en particulier dans le domaine alimentaire. Elle joue un rôle essentiel car certaines perceptions, comme le goût ou l'arôme, ne peuvent être mesurées par des instruments. Elle est utilisée pour développer ou améliorer des produits, mais aussi pour le contrôle qualité ou l'étude de la conservation. Pour que les résultats soient fiables, il est important que les tests soient réalisés dans des conditions strictes, avec une méthode bien structurée et une analyse statistique rigoureuse (**Watts, 1989**).

Cette analyse a été effectuée dans le but de déterminer les concentrations idéales du gingembre dans le yaourt, tout en tenant compte des préférences des consommateurs sur le plan du goût, de l'arôme et d'autres aspects sensoriels et cela à travers une dégustation menée par un panel de juges. Ces derniers ont évalué deux préparations de yaourt, chacune contenant différentes concentrations et arômes qui ont été choisies sur la base de données issues de la littérature scientifique, afin d'exprimer leurs préférences.

Pour ce travail, deux séances de dégustation ont été organisées. La première a eu lieu au bureau de dégustation de la laiterie « Soummam », où un panel de 8 dégustateurs a évalué 6 produits différents. La seconde s'est déroulée dans la salle de dégustation située au bloc 12 de l'université, avec un panel de 9 dégustateurs ayant évalué 8 échantillons codés de A à H dont :

- **A** : yaourt additionné de 5% de la préparation au gingembre frais + arôme citron.
- **B** : yaourt additionné de 10% de la préparation au gingembre frais + arôme citron.
- **C** : yaourt additionné de 5% de la préparation au gingembre frais + arôme miel.
- **D** : yaourt additionné de 10% de la préparation au gingembre frais + arôme miel.
- **E** : yaourt additionné de 0.5% de la préparation au gingembre poudre liquéfié dans un jus de citron.
- **F** : yaourt additionné de 1% de la préparation au gingembre poudre liquéfié dans un jus de citron.
- **G** : yaourt additionné de 0.5% de la préparation au gingembre poudre liquéfié dans de l'eau.
- **H** : yaourt additionné de 1% de la préparation au gingembre poudre liquéfié dans de l'eau.

Chaque panéliste devait attribuer une note de 1 à 5 à chaque produit selon plusieurs critères (voir le questionnaire en annexe 06).

Les résultats obtenus à partir de l'analyse sensorielle ont été analysées par la méthode de l'analyse en composantes principale (ACP), en utilisant le logiciel FactoMiner version R 3.5.2 (www.r-project.org, R foundation for statistical computing). À la lumière des résultats obtenus à partir de cette analyse les deux meilleures formulations ont été sélectionnées pour la suite du travail.

IV. Analyses physicochimiques

IV.1. Mesure du pH

La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre, cette mesure consiste à la mesure de la différence du potentiel Hydrogène à une température déterminée entre une électrode de mesure et une électrode de référence (généralement réunies en un système d'électrodes combinées), toutes deux étant introduites dans le produit, ensuite la valeur du pH a été lue directement sur l'écran du pH-mètre, après avoir mentionné la valeur obtenue, les deux sondes sont ensuite nettoyées avec de l'eau distillée. (ISO 5546,1978).

IV.2. Mesure de l'acidité Dornic

L'acidité titrable permet le dosage du taux d'acide lactique obtenue par transformation du lactose à l'action des bactéries lactiques dans le yaourt, par titration avec la soude 1/9N en présence de l'indicateur coloré la phénolphtaléine. Pour cela 10mL de produit ont été introduit dans un bécher propre, 2 à 3 gouttes de l'indicateur phénolphtaléine ont été ajoutées, puis le mélange a été titré avec la soude 1/9N, jusqu'au virage de la couleur en rose pâle facilement perceptible et persistant pendant 10 secondes. Une fois le virage est atteint, le volume de la soude utilisé a été lu à partir de la burette. Le degré Dornic correspond à 0,01g d'acide lactique par litre de produit, l'acidité en D° correspond à la chute de la burette en mL×10. (JORA n°58, 2015).

NB: pour les produits colorés, titration avec la soude jusqu'au pH=8,30.

IV.3. Dosage de taux de matière grasse

La méthode acido-butyrométrique de Gerber est utilisée depuis de nombreuses années comme méthode de référence pour le dosage de la matière grasse des produits laitiers. Son principe repose sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre. L'acide sulfurique 1,82g/L dégrade toute la matière organique ne laissant que la matière grasse, et l'alcool isoamylique agit comme séparateur de phase. 10mL d'acide sulfurique 1,82g/L a été ajouté dans des butyromètres. Puis 11 mL de l'échantillon de yaourt et 1mL de l'alcool iso-amylique ont été ajoutés à l'acide sulfurique. Les butyromètres sont ensuite agités avec des mouvements horizontaux, puis placés dans une centrifugeuse à 1200tr/min pendant 10minutes. Le pourcentage de matière grasse est obtenu en soustrayant la valeur de la position inférieure (X) du butyromètre de la valeur de la position supérieure du butyromètre (X'), ($MG\% = X' - X$) (ISO 8262-3, 2005).

IV.4. Détermination de l'extrait sec total

Cette méthode permet de mesurer le taux de matières solides restantes après évaporation de l'eau du yaourt par séchage à l'aide d'un dessiccateur infra rouge (Sartorius MA100). 4g de l'échantillon ont été étalés sur une coupelle déjà taré puis l'analyse est démarrée. La dessiccation s'arrête automatiquement lorsqu'aucune perte de poids n'est plus détectable. L'extrait sec obtenu est affiché, il est exprimé en pourcentage de masse.

IV.5. Détermination de l'activité antioxydante

IV.5.1. Dosage des composés phénoliques

La teneur en composés phénoliques totaux des extraits effectuée sur les mêmes points de prélèvements réalisés dans les tests précédents (J1, J7, J15, J22 et J28), a été déterminée dans le but d'évaluer l'évolution des composés phénoliques au cours de la période de conservation. L'analyse a été réalisée selon la méthode optimisée de **Zeghib et al., (2022)** reposant sur l'utilisation du réactif de **Folin-Ciocalteu**.

Un volume de 200 μ L de l'extrait (à une concentration de g/mL) a été mélangé avec 1mL de réactif de Folin-Ciocalteu à 0,1N. Après agitation, et au bout de 5 minutes d'incubation à l'obscurité, un volume de 800 μ L de carbonate de sodium en solution aqueuse (7,5%, *m/v*) a été ajouté. Le mélange a ensuite été agité et incubé à 50C° pendant 5 minutes.

L'absorbance de la solution a été mesurée à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Une courbe d'étalonnage a été établie à partir de différentes concentrations d'acide gallique (annexe 03), servant de standard (**absorbance à $\gamma 760 = 6,1644x + 0,0353$; $R^2 = 0,9989$**). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents d'acide gallique (mg EAG/g d'extrait).

IV.5.2. Dosage de l'ABTS

La solution ABTS est préparée selon « **Re et al. (1999)** », la solution est diluée avec l'éthanol pour obtenir une absorbance de 0.700 ± 0.001 à 734nm.

Un volume de 100 μ L de l'extrait a été mélangé avec 1mL de la solution diluée d'ABTS. Après agitation, et au bout de 7 minutes d'incubation à l'obscurité, l'absorbance de la solution a été mesurée à 734 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Une courbe d'étalonnage a été établie à partir de différentes concentrations de Trolox (annexe 04), servant de standard (**absorbance à $\gamma 734 = -8,3486x + 0,5905$; $R^2 = 0,9925$**). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents de trolox (mg ETrolox/g d'extrait).

V. Analyses microbiologiques

V.1. Préparation de la solution mère et des dilutions

La préparation de la solution mère ainsi que des dilutions décimales sont indispensables afin de réduire la concentration en micro-organismes par unité de volume, ce qui permet un dénombrement précis des colonies sur boîte de Pétri. La solution mère est obtenue en homogénéisant 10 g de yaourt dans 90 mL de diluant TSE (Tryptone-Sel-Eau) une dilution 10^{-1} est ainsi obtenue. Les dilutions décimales successives sont ensuite réalisées à l'aide d'une pipette stérile : 1 mL de la solution 10^{-1} est transféré dans un tube contenant 9 mL de diluant TSE. Cette opération est répétée pour chaque dilution, jusqu'à atteindre la dilution finale de 10^{-7} (**ISO 6887-1, 1999**).

V.2. Dénombrement des ferments lactiques

V.2.1. Dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus*

1mL des dilutions sont ensemencées en masse sur la gélose MRS (Man, Régosa, Sharpe) dans des boîtes Pétri à raison de deux boîtes pour chaque dilution, en effectuant une homogénéisation rapide de l'inoculum avec le milieu de culture. Après solidification du milieu, une couche superficielle du milieu MRS est ajoutée afin d'obtenir les conditions d'anaérobiose. Après solidification, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 72 heures (**ISO 15214, 1998**).

V.2.2. Dénombrement de *Streptococcus thermophilus*

1mL de chaque dilutions sont ensemencées en masse sur la gélose M17 dans des boîtes Pétri à raison de deux boîtes pour chaque dilution, en effectuant une homogénéisation rapide de l'inoculum avec le milieu de culture, après solidification du milieu les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 à 72 heures (**JORA n°43, 2004**).

V.3. Recherche et dénombrement des coliformes

V.3.1. Dénombrement des coliformes totaux

À l'aide d'une pipette stérile, 1mL de l'échantillon est ensemencé en masse sur la gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose) dans une boîte Pétri, tout en effectuant une homogénéisation rapide de l'inoculum avec le milieu de culture, après solidification du milieu une double couche est effectuée avec la gélose VRBL afin d'obtenir les conditions d'anaérobiose. Un témoin gélosé est aussi préparé afin de contrôler sa stérilité. Après solidification, les boîtes sont incubées à 30°C pendant 24h (**ISO 4832, 1991**).

V.3.2. Dénombrement des coliformes fécaux

À l'aide d'une pipette stérile, 1mL de l'échantillon est ensemencé en masse sur la gélose VRBL dans une boîte Pétri, tout en effectuant une homogénéisation rapide de l'inoculum avec le milieu de culture, après solidification du milieu une double couche est effectuée avec la gélose VRBL afin d'obtenir les conditions d'anaérobiose. Un témoin gélosé est aussi préparé afin de contrôler sa stérilité. Après solidification, les boîtes sont incubées à 44°C pendant 24h (**ISO 7402, 1993**).

V.4. Dénombrement des levures et moisissures

À l'aide d'une pipette stérile, 1mL de l'échantillon est ensemencé en masse sur la gélose YGC (Yeast Extract Glucose Chloramphenicol) dans une boîte Pétri, tout en effectuant une homogénéisation rapide de l'inoculum avec le milieu de culture. Un témoin gélosé est aussi préparé afin de contrôler sa stérilité. Après solidification, les boîtes sont incubées à température ambiante ou dans une étuve de 30°C pendant 5 jours (**ISO 7954, 1988**)

V.5. Recherche des *Salmonella*

La recherche des salmonelles dans les produits laitiers nécessite un passage par 3 étapes suivant un protocole standard provenant d' (**ISO 6579, 2001**).

- 1. Pré-enrichissement non sélectif :** 25g de l'échantillon est ensemencé dans 225mL de l'eau peptonnée tamponnée, une homogénéisation est effectuée jusqu'à ce que l'échantillon soit complètement dispersé, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24h.
- 2. Enrichissement sélectif :** à l'aide d'une pipette stérile, 0.1mL est transféré à partir de la culture de pré-enrichissement dans un tube contenant 10mL du bouillon Muller Kaufman (MK) et 1mL dans un tube contenant 10mL du bouillon Rapaport Vassiliadis avec Soja (RVS). Les tubes du bouillon MK sont incubés à 37°C pendant 24h tandis que les tubes du bouillon RVS sont incubés à 44°C pendant 24h.
- 3. Isolement :** à partir de la culture obtenue dans le bouillon MK après 24h d'incubation un ensemencement en stries avec une pipette pasteur est réalisé à la surface de la gélose Xylose Lysine Désoxycholate (XLD) ainsi à la surface de la gélose Hektoen.
La même opération est aussi procédée pour la culture obtenue dans le bouillon RVS. Les boîtes sont ensuite incubées à 37°C pendant 24h.

Les salmonelles se reconnaissent généralement par des colonies translucides présentant un centre noir. Leur présence doit être confirmée par des tests biochimiques et sérologiques spécifiques (**JORA n°42, 2005**).

V.6. Recherche de *Clostridium* sulfito-réducteurs

Une série de 5 tubes est préparées contenant chacun 2mL de l'échantillon traités thermiquement dans un bain marie à 80°C pendant 10 minutes suivie d'un choc thermique en refroidissant les tubes sous l'eau du robinet, puis dans chaque tube environ 15mL de la gélose viande foie (VF) sont rajoutés, après homogénéisation et solidification une double couche est effectué a raison de 2 à 3mL de la VF dans chaque tube, un témoin gélosé est aussi effectué afin de s'assurer de sa stérilité (15mL de la VF dans un tube stérile). Après solidification, les tubes sont incubés à 46°C pendant 48h (ISO 6461/1, 1986).

V.7. Recherche de *Staphylococcus aureus*

Un enrichissement est effectué par un ensemencement de 1mL de l'échantillon dans un tube contenant 19mL du bouillon Giolitti Cantoni préalablement additionnée de 0.1mL de la solution de tellurite de potassium a 1%, après homogénéisation de l'inoculum avec le bouillon , les tubes sont incubés à 37°C pendant 48h. Après incubation les tubes présentant un noircissement sont repiqués à la surface des boites de la gélose Baird Parker préalablement coulées et séchées, les boites sont incubées à 37°C pendant 24h (ISO 6888-1, 1999).

V.8. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

À l'aide d'une pipette stérile, 1mL de l'échantillon est ensemencé en masse sur la gélose PCA (Plate Count Agar), en raison de deux boites pétri, tout en effectuant une homogénéisation rapide de l'inoculum avec le milieu de culture, après solidification du milieu une double couche est effectuée avec la même gélose afin d'empêcher l'étalement des colonies et de faciliter le dénombrement. Un témoin gélosé est aussi préparé afin de contrôler sa stérilité. Après solidification, les boites sont incubées à 30C° pendant 72 heures. Les boites ayant de 15 à 300 colonies sont retenues et les résultats sont exprimés avec la loi ci-dessous par UFC/g ou UFC/mL du produits (ISO4833-1, 2013).

$$N = \frac{\sum \text{Colonies}}{(n1 + 1.n2).d}$$

- N : nombre d'UFC par gramme ou par mL du produit.
- \sum : colonies : somme des colonies des boites retenues.
- n1 : nombre de boites retenues à la première dilution retenue.
- n2 : nombre de boites retenues à la deuxième dilution.
- d : facteur de la première dilution retenue.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Cette partie présente les différents résultats obtenus suite aux différentes analyses physicochimiques microbiologiques et sensorielles effectuées sur les échantillons de yaourts formulées, suivis d'une interprétation de ces résultats.

I. Analyse sensorielle

Une analyse sensorielle a été réalisée sur huit formulations de yaourts (échantillons A à H) dans le but d'évaluer leur acceptabilité et de comparer leurs caractéristiques organoleptiques afin d'identifier deux produits les plus appréciés qui seront ensuite pris en considération pour le reste des analyses. Les résultats sont représentés sous forme de graphique radar ci-dessous (figure8)

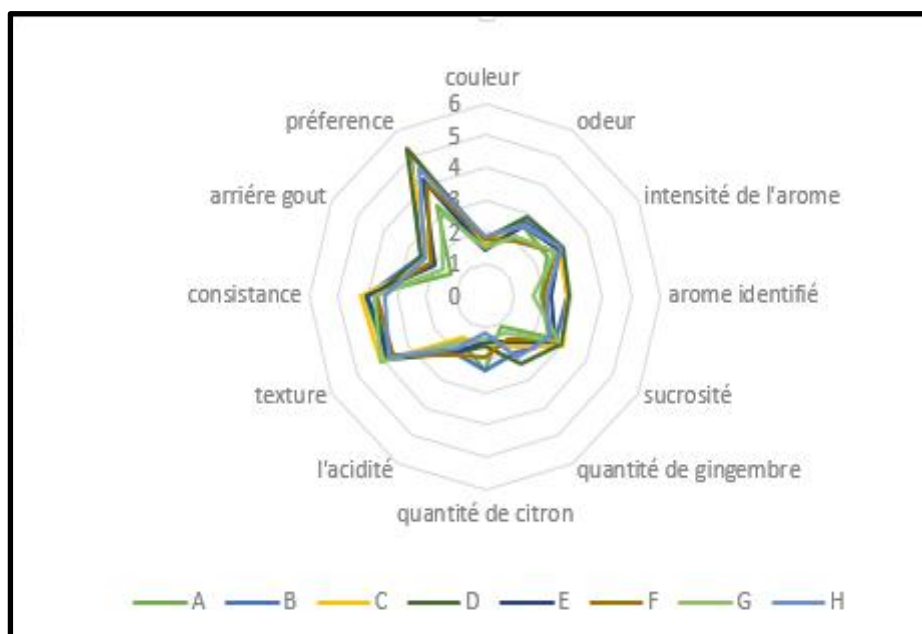


Figure 8: Graphique radar représentant le profil sensoriel des huit échantillons de yaourts évalués par les dégustateurs.

L'évaluation sensorielle des huit échantillons de yaourts par les dégustateurs a montré des différences significatives sur plusieurs critères organoleptiques. L'échantillon H se distingue par une coloration plus importante, suivi de D et F indiquant une meilleure apparence visuelle. Par contre A et E présentent une couleur légèrement plus faible. En terme d'odeur, les échantillons D et B ont été jugés les plus intenses, tandis que Fet G présentent une odeur moins identifiable.

Concernant l'intensité de l'arôme, l'échantillon D obtient la meilleure note, indiquant une expression aromatique bien identifiée, suivi par B, C et H. Tandis que l'échantillon A à une note plus basse, ce qui peut refléter un arôme plus discret. En ce qui concerne l'arôme identifié, les échantillons C et D sont les plus identifiables, tandis G est le moins marquant.

La sucrosité est plus marquée dans les échantillons C, D et G, et moins identifié dans le A et H. en termes d'acidité, les échantillons G et D ont été jugés les plus acides, par ailleurs le B et H sont les plus doux. Sur le plan d'arrière-gout est plus identifié dans le B et moins marquée dans le H qui a néanmoins été jugé comme le plus riche en gingembre suivi de F et G, tandis que la quantité de citron été plus marquée dans le G suivi de F.

Enfin, les échantillons les plus appréciés été le D suivi de B et C pour les échantillons à base de gingembre frais et le H pour les échantillons à base de gingembre en poudre.

I.1. Analyse en composante principale (ACP)

Afin de synthétiser les résultats obtenus par l'évaluation sensorielle et de visualiser les différences entre les échantillons, une ACP a été réalisée. Le graphique ci-dessous présente la projection des échantillons et des variables sur les deux premiers axes principaux (composantes principales).

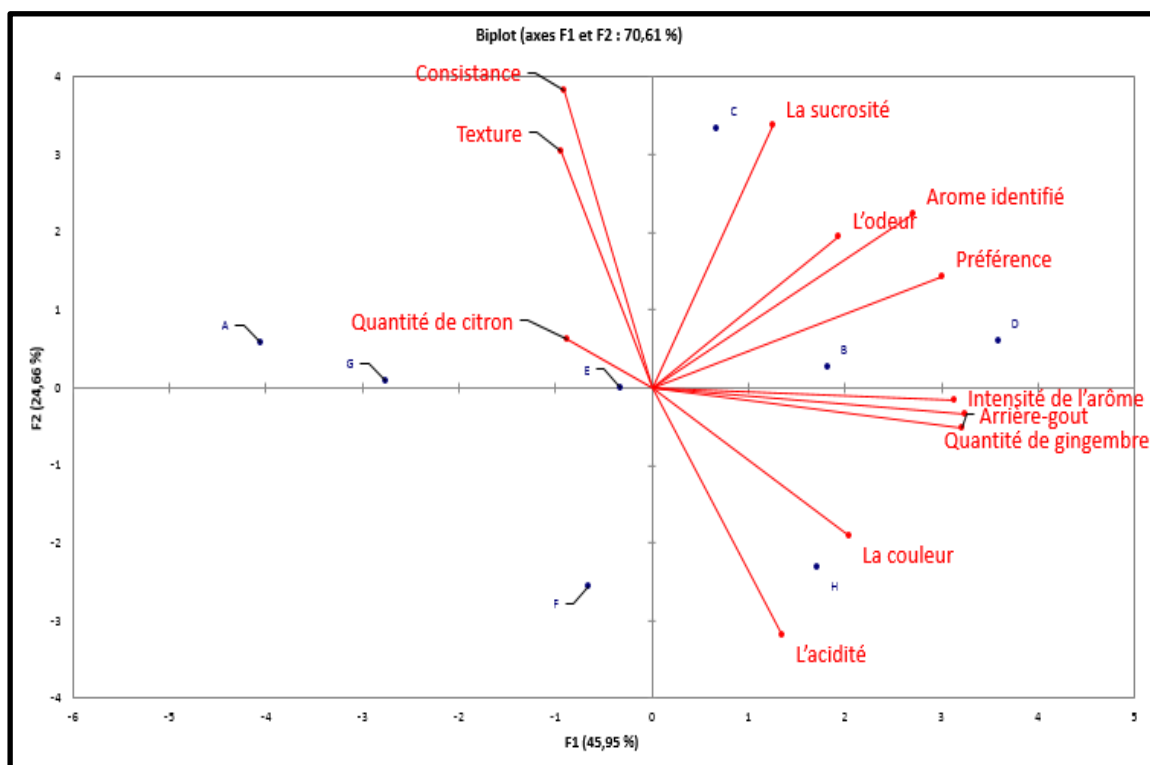


Figure 9: Analyse en composantes principales des résultats obtenus à partir de l'évaluation sensorielle des huit échantillons de yaourt (de A jusqu'à H).

Les huit échantillons préparés pour l'analyse sensorielle ont été réparti sur les deux dimensions (F1 et F2) de l'ACP en fonction de 12 variables étudiées. Notre choix été porté sur l'échantillon D et H qui ont présenté des scores sensiblement opposés sur l'axe F1.

L'échantillon D, est fortement corrélé aux variables telles que la préférence, l'intensité de l'arôme, l'arôme identifié et l'odeur, suggérant une appréciation globale élevée par les dégustateurs. Tandis que l'échantillon H est fortement lié à l'acidité, la couleur la quantité de gingembre et l'intensité de l'arôme, même si ce dernier représente un arrière-gout mais il reste le meilleure choisi par rapport aux yaourts à base de gingembre en poudre.

II. Analyse physicochimiques

II.1. Mesure de pH

L'évolution du pH des deux yaourts formulés a été suivie pendant un mois, à cinq points d'analyses précises (J0, J7, J15, J22, J28). Les résultats sont illustrés dans la figure 10 ci-dessous :

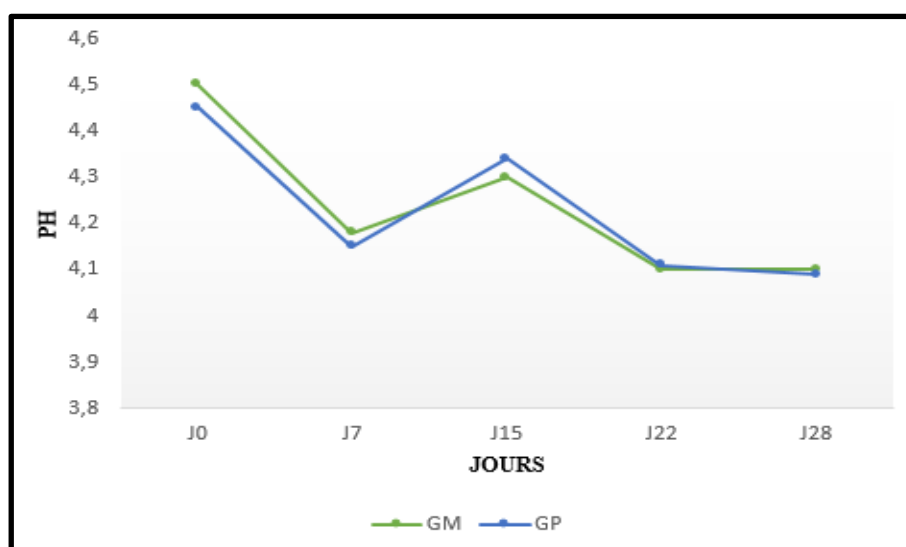


Figure 10: Evolution de pH des deux yaourts formulés pendant 28 jours. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.

Les résultats obtenus montrent qu'à J0 les deux yaourts formulés présentent un pH très proche. Une diminution de la valeur du pH est observée entre J0 et J7 allant de 4.45 à 4.15 pour GP et de 4.5 jusqu'à 4.18 pour GM, le pH a présenté une légère alcalinisation entre J7 et J15 allant jusqu'à 4.34 et 4.30, respectivement pour GP et GM qui est probablement due à la dégradation des acides organiques, l'activité métabolique des bactéries lactiques et/ou la protéolyse. A partir de J15 jusqu'à la fin de conservation (J28) le pH diminue jusqu'à une valeur finale de 4.09 pour GP et 4.10 pour GM. Toutes ces valeurs sont conformes à la norme indiquée par l'entreprise qu'est comprise dans l'intervalle de 4 à 4.5.

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par **Melia et al., (2022)** qui ont observés une diminution significative du pH allant de 4.47 à un pH final de 4.17 dans un yaourt enrichi en gingembre rouge pendant une durée de conservation de 35 jours. Cette diminution a été également observée par **Aamir et al., (2023)** pour le yaourt enrichi en gingembre frais conservé pendant 14 jours. Les deux études ont conclu que cette diminution observée est principalement attribuée à l'activité des deux ferments lactiques qui utilisent le lactose pour produire l'acide lactique durant la période de conservation (**Melia et al., 2022 ; Aamir et al., 2023**).

II.2. Mesure de l'acidité Dornic

L'évolution de l'acidité des deux yaourts formulés a été mesurée pendant un mois, à cinq points d'analyses précises (J0, J7, J15, J22, J28). Les résultats sont illustrés dans le graphique ci-dessous (figure 11) :

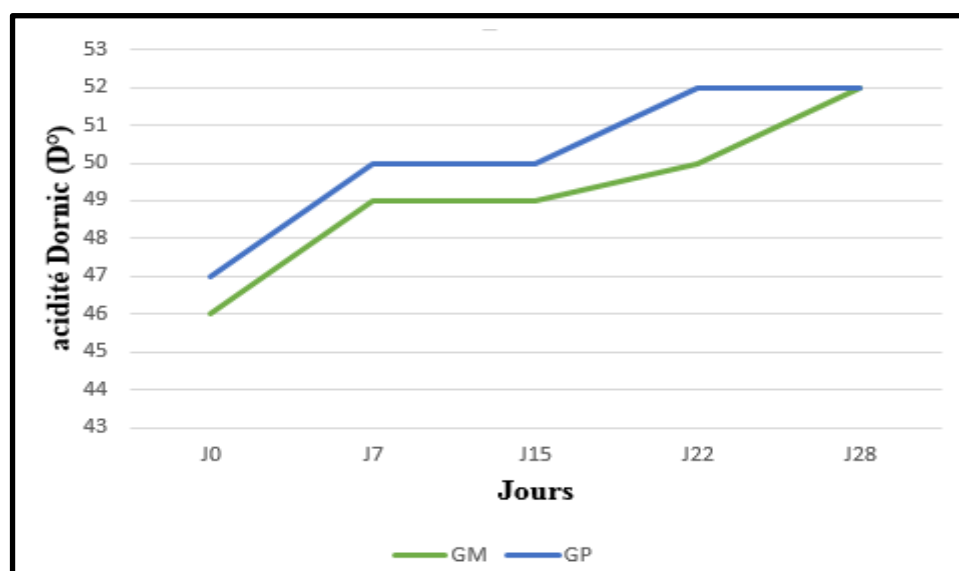


Figure 11: Evolution de l'acidité Dornic des deux yaourts formulés en fonction de temps durant 28 jours. GM: yaourt à base de gingembre frais. GP: yaourt à base de gingembre en poudre.

Dans les produits laitiers, l'acidité titrable mesurée en degré Dornic (D°) reflète la quantité d'acide lactique produite par les bactéries lactiques en fermentant le lactose.

D'après les résultats obtenus, la quantité d'acides lactique augmente progressivement tout au long de la période de conservation (de J0 à J28), en remarquant une production d'acide lactique légèrement plus élevée dans l'échantillon GP dont l'acidité est passée de 47D° à 50D° puis à 52D°. En comparaison, l'échantillon GM est passée de 46D° à 49D° puis à 50D° et enfin à 52D°. Malgré cette augmentation les deux yaourts restent conformes à la norme indiquée par l'entreprise qui est de 45D° à 65D°.

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés **Yang et al., (2012)** pour le yaourt enrichi en jus de gingembre durant la fermentation qui ont montré une augmentation de l'acidité pendant la durée de conservation, cette augmentation observée est attribuée à l'accumulation d'acide lactique dans le yaourt durant le stockage mais aussi cette augmentation dépend de la quantité de jus de gingembre additionné. La même tendance d'augmentation a été enregistrée durant les études menées par **Aamir et al., (2023)** dans l'ajout du gingembre frais et par **Melia et al., (2022)** dans l'addition du gingembre rouge au yaourt.

II.3. Dosage de taux de matière grasse

Le taux de matière grasse a été suivi pour chacun des deux yaourts formulés pendant un mois, à cinq points d'analyses précises (J0, J7, J15, J22, J28). Les résultats sont présentés dans l'histogramme de la figure 12 ci-dessous :

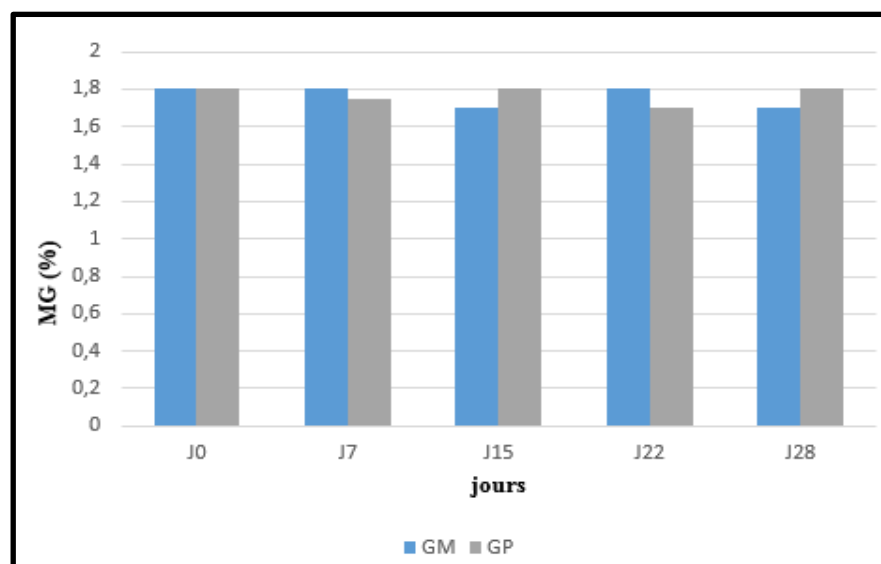


Figure 12: Suivi du taux de MG des deux yaourts formulés pendant 28 jours. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.

Les résultats obtenus montrent que le taux de matière grasse des deux yaourts est presque stable dans toute la période de conservation malgré les petites différences observées mais elles restent conformes à la norme de l'entreprise qui est comprise entre 1.7 et 2%. Ces résultats suggèrent que l'ajout du gingembre n'influence pas la teneur en lipide du produit fini puisque les préparations au gingembre ont été incorporées après la fermentation.

Ces résultats sont similaires à ceux de **Yangilar et al., (2018)** pour le yaourt enrichi aux huiles essentielles de gingembre et de camomille, ainsi que pour les travaux de **Melia et al., (2022)** pour un yaourt enrichi en gingembre rouge, qui ont remarqué une stabilité de taux de matière grasse déduisant que le gingembre n'affecte pas la matière grasse des produits laitiers.

II.4. Détermination de l'extrait sec total

Le suivi de l'extrait sec des deux yaourts formulés a été effectué pendant un mois, à cinq points d'analyses précises (J0, J7, J15, J22, J28). Les résultats figurent dans l'histogramme de la figure 13 ci-dessous :

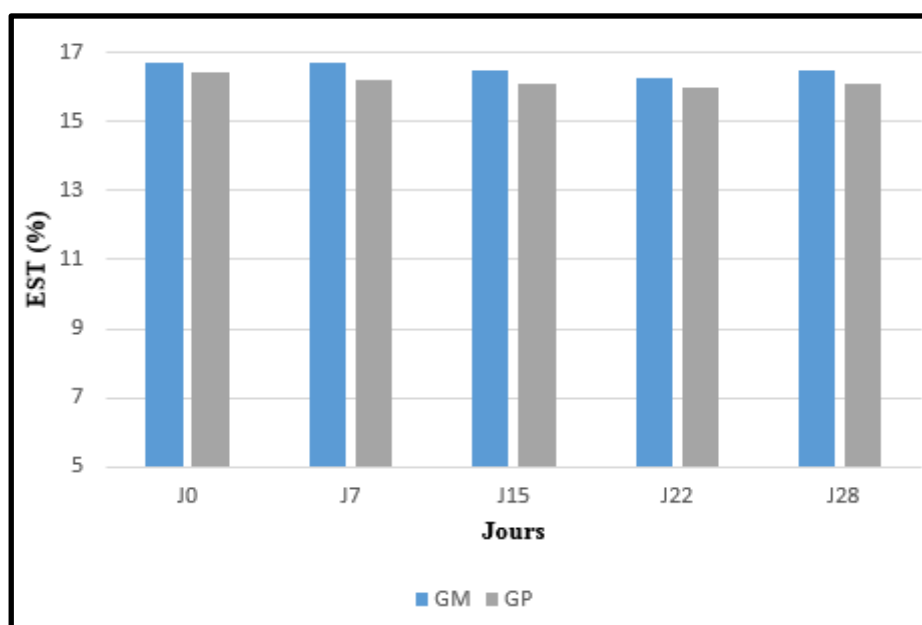


Figure 13: Suivi de l'extrait sec total des deux yaourts formulés pendant 28 jours. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs en EST de l'échantillon GM sont supérieures à celle de l'échantillon GP, avec une légère diminution remarquée au cours de stockage dont les valeurs passent de 16.75% jusqu'à 16.45% pour GM et de 16.4% jusqu'à 16.08% pour GP. Malgré cette légère variation, les deux échantillons restent conformes à la norme indiquée par l'entreprise qui est de 15.54 à 16.94%. Contrairement aux résultats rapportés par **Yangilar et al., (2018)** où une augmentation de l'EST est observée dans un yaourt enrichi aux huiles essentielles de gingembre et de camomille au cours de la conservation.

II.5. Détermination de l'activité antioxydante

II.5.1. Dosage de la teneur en composés phénoliques

Les résultats de la teneur en polyphénols durant la période de conservation sont illustrés dans la figure 14 suivante :

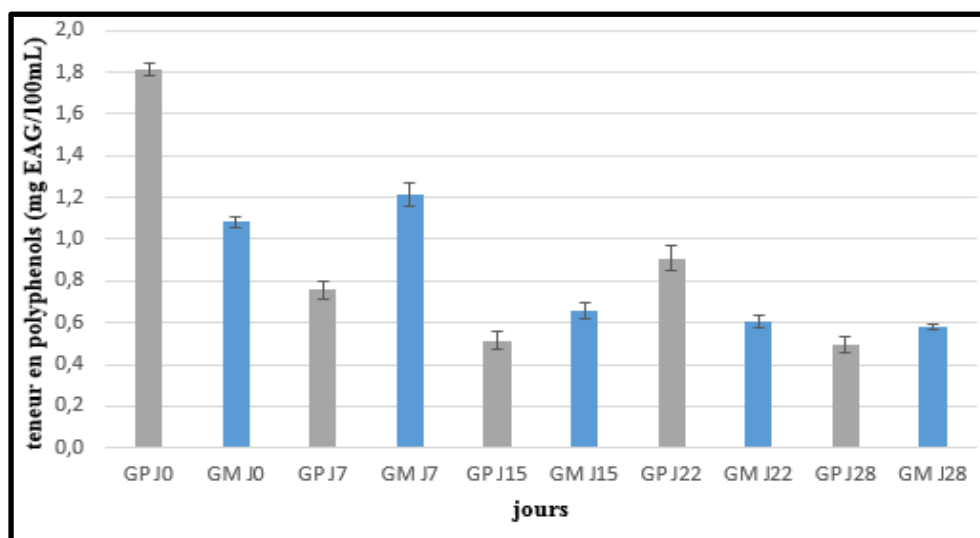


Figure 14: Evolution des composés phénoliques durant la période de stockage. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.

Les résultats des composés phénoliques ont montré à J0 une teneur plus élevée pour GP avec 1,8 mg EAG/100mL comparée à GM (1,1 mg EAG/100mL), néanmoins ces vont graduellement baisser au fil des de temps pour atteindre à j28 une valeur de 0,6 et 0,5 mg EAG/100mL pour respectivement GM et GP. Ces résultats sont similaires à ceux de **Melia et al., (2022)** pour un yaourt enrichi en gingembre rouge, qui ont remarqué une diminution de la teneur en polyphénols au cours du stockage. Contrairement aux résultats observés par **Aamir et al., (2023)** dans l'ajout du gingembre frais où ils ont observés une augmentation de la teneur en polyphénols pendant le stockage au froid.

La consommation des yaourts contenant des polyphénols peuvent atténuer de manière significative la présence de radicaux libres dans le corps permettant ainsi de prévenir l'apparition de maladies liées au stress oxydatif (**Fardet et al., 2017**). Cependant les polyphénols peuvent être instables dans certains conditions telles qu'un pH élevé, la présence d'oxygène, d'ions métallique, ainsi que l'exposition à la chaleur et à la lumière, ce qui peut conduire à leur dégradation ou à leur transformation en formes moins actives (**Tsao, 2010**).

II.5.2. Dosage de l'ABTS

Les résultats de l'ABTS durant la période de conservation sont illustrés dans la figure 15 suivante :

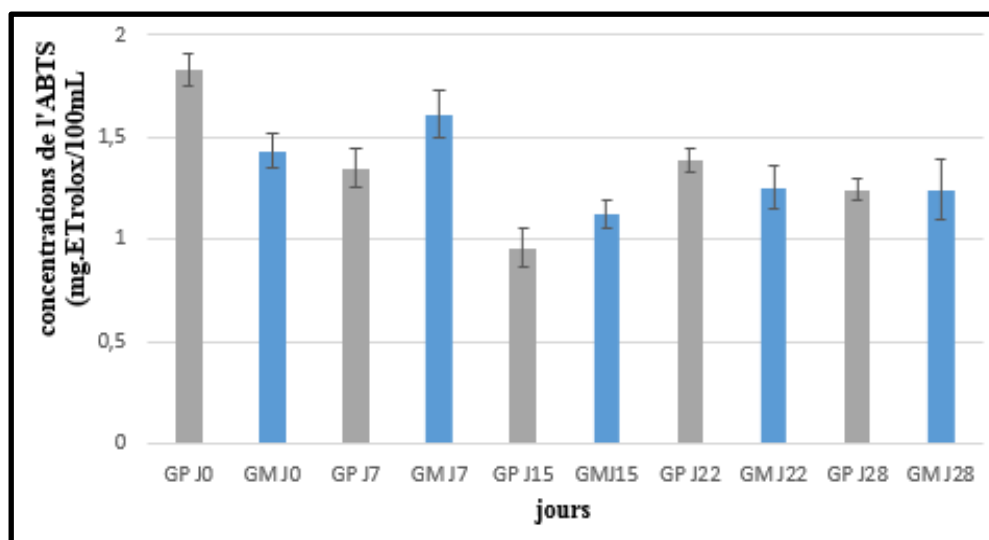


Figure 15: Suivi de l'ABTS durant la période de stockage. GM : yaourt à base de gingembre frais. GP : yaourt à base de gingembre en poudre.

Ce test est une méthode simple et pratique permettant d'évaluer la capacité antioxydante totale. Il repose sur la capacité antioxydants à neutraliser le radical cationique 2,2'-azinobis (3-éthylbenzthiazoline-6-sulfonique) (ABTS^{•+}) (Munteanu et Apetrei 2021).

Les résultats obtenus à partir de l'évaluation de l'activité antioxydante mesurée par l'inhibition des radicaux ABTS^{•+} suivent la tendance de la teneur en composés phénoliques, suggérant une relation directe entre ces deux paramètres car une augmentation de la teneur en polyphénols s'accompagne d'une augmentation de neutralisation des radicaux, et inversement. La figure 15 montre qu'à J0 la capacité antioxydante est estimée à 1.8 et 1.4 mg ETrolox/100 mL pour respectivement GP et GM, puis on observe que ce potentiel a baissé au cours du temps pour se stabiliser à J28 aux alentours de 1,2 mg ETrolox/100mL pour les deux échantillons GP et GM.

Contrairement aux résultats obtenus par **Sebastián-Nicolas et al., (2024)** dans un yaourt enrichi avec un extrait aqueux de gingembre, où ils ont observé une augmentation de la capacité antioxydante de $68,71 \pm 3,05$ à $86,40 \pm 3,42$ mg ETrolox/100g. Par contre nos résultats ; la capacité antioxydante de l'échantillon GP passe de 16,5 à 11,2 mg ETrolox/100g, et celle de l'échantillon GM passe de 12,9 à 11,2 mg ETrolox/100g.

III. Analyse microbiologiques

III.1. Préparations au gingembre

Les résultats des analyses microbiologiques des deux préparations au gingembre montrent l'absence totale des germes de contamination notamment les coliformes totaux et fécaux, les germes totaux ainsi que les levures et moisissures, ce qui témoigne du bon respect des conditions d'hygiène lors de la réalisation des produits et aussi durant les analyses de contrôle de qualité. Cela confirme la sécurité et la qualité du produit fini préparé en ajoutant ces préparations, cela est probablement dû à l'efficacité du barème de pasteurisation utilisé qui a permis d'éliminer la présence de germes dans les préparations. Ces résultats sont en accord avec les normes du journal officiel Algérien et celles de l'entreprise.

III.2. Produit fini

Les résultats des analyses microbiologiques des deux yaourts formulés montrent l'absence totale des pathogènes et les germes d'altération, notamment les coliformes totaux et fécaux, salmonelles, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium* sulfite réducteur ainsi que les levures et moisissures. Cette absence est probablement due aux bonnes conditions d'hygiène appliquées tout au long du processus de fabrication de la base lactée, ainsi lors de la manipulation et l'addition des préparations au gingembre.

Cette absence confirme l'efficacité du traitement thermique appliqué aux préparations, ainsi que la pasteurisation effectuée lors de la production de la base lactée du yaourt à boire, elle reflète également le respect de la chaîne du froid lors de la conservation.

III.3. Dénombrement de la flore lactique

Le dénombrement de la flore lactique a été effectué pendant toute la période de conservation de J0 à J28. Les résultats sont présentés ci-dessous :

III.3.1. Dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus*

Les résultats de l'évolution de *Lactobacillus bulgaricus* pendant le stockage sont illustrés dans la courbe suivante :

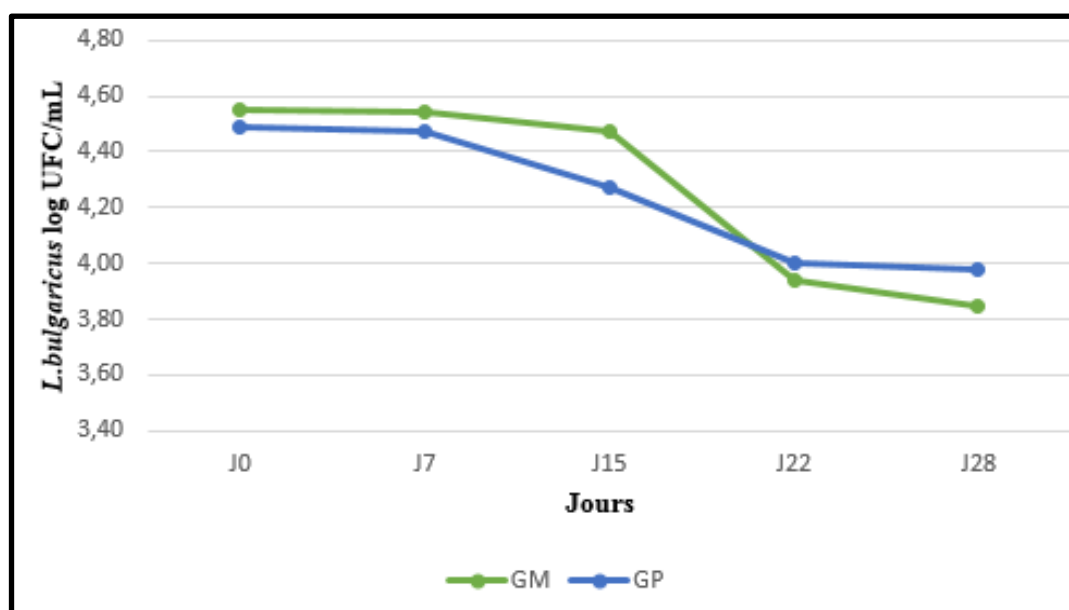


Figure 16: Courbe de l'évolution de *L. bulgaricus* en log UFC/mL dans les deux yaourts formulés pendant la période de stockage à 4°C.

Les résultats montrent que à partir J0 jusqu'à J22 la charge de *L. bulgaricus* est légèrement supérieure dans l'échantillon GM par rapport à GP. Cependant, à partir de J22 jusqu'à J28 cette tendance s'inverse, avec une quantité supérieure dans GP. Dans les deux échantillons, une diminution progressive de la quantité de *L. bulgaricus* est observée au cours de stockage.

Ces résultats sont similaires à ceux de **Yang et al., (2012)** qui ont observé une diminution de *L. bulgaricus* en présence de jus de gingembre pendant la fermentation d'où ils ont conclu que le gingembre a un effet antimicrobien qui dépend de la dose du gingembre additionné. Cette diminution est aussi observée par **Melia et al., (2022)** pour un yaourt additionné du gingembre rouge après fermentation suite à l'accumulation d'acide lactique et le manque de nutriment au fil du temps qui réduit la viabilité cellulaire.

III.3.2. Dénombrement de *Streptococcus thermophilus*

Les résultats de suivi de *Streptococcus thermophilus* pendant le stockage sont présentés dans la courbe suivante :

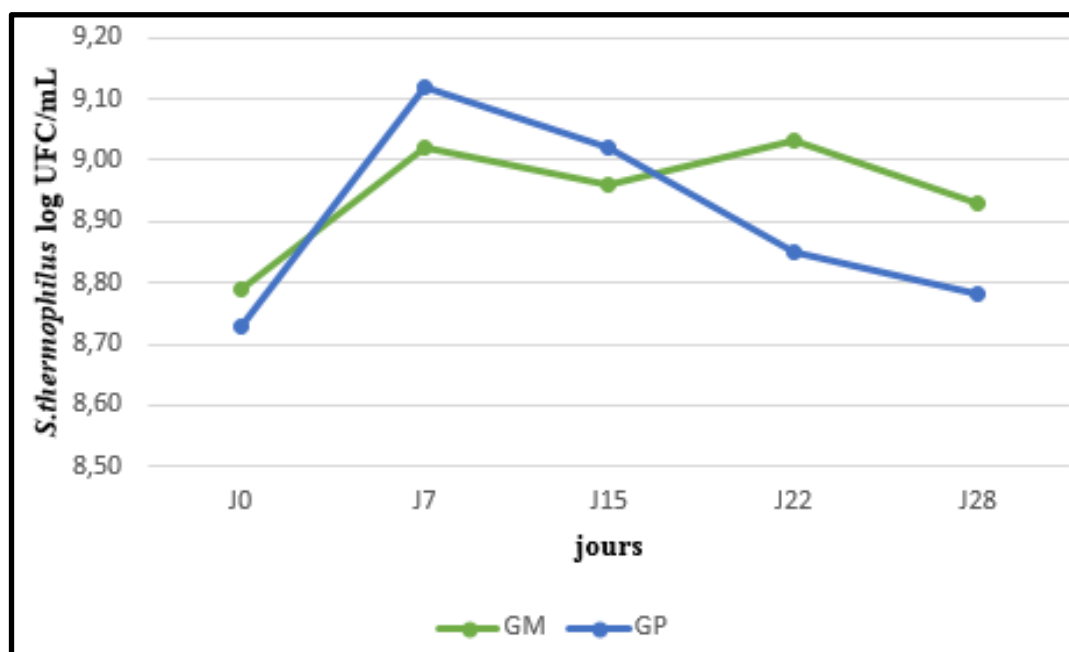


Figure 17: Courbe de suivi de *Streptococcus thermophilus* en log UFC/mL dans les deux yaourts formulées pendant la période de stockage à 4C°.

Une augmentation progressive de la charge de *S. thermophilus* est observée entre J0 et J7 dans les deux échantillons avec une légère supériorité dans GP. Cependant à partir de J7 jusqu'à J28 une baisse de la charge est observée. Cela est similaire aux résultats de **Melia et al., (2022)**, qui ont observé une diminution de la viabilité cellulaire dans un yaourt additionné du gingembre rouge après fermentation, suite à l'accumulation d'acide lactique et l'épuisement progressif en nutriment au fil du temps. Ces résultats sont aussi similaires à ceux observés par **Yangilar et al., (2018)**, pour le yaourt enrichi en huiles essentielles de gingembre et de camomille.

Toutefois malgré la diminution progressive de la charge des deux ferments au cours de la conservation, la charge de la flore lactique reste supérieure à $\geq 10^7$ UFC/mL qui est le seuil minimal exigé par la réglementation.

IV. Plan commercial

IV.1. Fiche technique du produit fini



Figure 18: Yaourt à boire enrichi au gingembre naturel

- **Type du produit** : yaourt à boire enrichi au gingembre.
- **Nomination du produit** : **GINGERDOX**.
- **Volume net**: 170mL.
- **Ingrédient** : lait fermenté, ferments lactiques, gingembre.
- **Condition de stockage** : entre 4C° et 6C°.
- **DLC** : après 30jours de la date de fabrication.
- **Prix prévu** : entre 50da et 70da. (coût du gingembre frais par bouteille est de 10da, et celui du gingembre en poudre est de 5da).
- **Goût** : saveur naturelle du gingembre avec arôme de miel ou de citron.
- **Consommateur ciblé** : le produit est recommandé à toutes tranches d'âge surtout les personnes ayant des problèmes digestives.
- **Autres critères** : produit sans conservateurs ni colorants ajouté, propriété détox sans additifs.

Conclusion

Conclusion

Dans le cadre de l'élaboration de nouvelles recettes du yaourt à boire de la laiterie « SOUMMAM », et afin d'obtenir un aliment fonctionnel à caractère nutritionnel, cette étude a porté sur l'enrichissement du yaourt avec du gingembre qui est reconnu pour ses propriétés bénéfiques sur la santé humaine. Les yaourts formulés ont été évalués selon leurs propriétés sensorielles, physicochimiques et microbiologiques.

Les résultats obtenus à partir de l'analyse sensorielle nous a permis d'identifier deux échantillons les plus appréciés par les dégustateurs qui sont les échantillons D et le H, afin de poursuivre le reste des analyses (physicochimiques et microbiologiques).

Les résultats des analyses physicochimiques des deux yaourts (GM, GP) montrent des valeurs de pH, acidité titrable, extrait sec totale, taux de matière grasse conformes aux normes établies par l'entreprise. De plus, il se caractérise par une teneur en polyphénols, et d'un potentiel antioxydant non négligeable à travers l'inhibition du radical ABTS^{•+}.

Les résultats des analyses microbiologiques des deux préparations au gingembre et des deux yaourts (GM, GP) montrent une absence totale de germes pathogènes et d'altérations les rendant conformes aux normes. Ces résultats offrent aux yaourts élaborés une meilleure stabilité et une bonne qualité hygiénique durant toute la période de conservation. Cependant une diminution de la charge de la flore lactique a été observée pendant la conservation mais elle reste toujours supérieure à la norme.

Étant donné que ce type de yaourt enrichi en ingrédient naturel tels que le gingembre reste inexistant dans les études et même sur le marché algérien, cette étude a permis d'apporter de nouvelles connaissances sur l'enrichissement du yaourt, et ouvre la voie à plusieurs perspectives de recherche qui peuvent approfondir les résultats déjà obtenus tels que :

- ✓ Il serait intéressant de poursuivre de travail par des études *in-vivo* sur un modèle expérimentale tel que les souris afin d'évaluer les effets physiologique de la consommation de ce yaourt notamment sur le transit gastrique et intestinal.
- ✓ Il serait aussi pertinent, dans le cadre de travaux futurs, d'inclure un témoin sans ajout de gingembre afin de mieux évaluer l'effet spécifique du gingembre sur les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielle du yaourt.

- ✓ Il serait également intéressant de refaire une analyse sensorielle ciblée, en testant uniquement les deux échantillons les plus appréciés lors de la première séance d'analyse sensorielle avec un témoin sans gingembre.
- ✓ Etudier l'effet antimicrobien du gingembre sur les ferments lactiques.
- ✓ étudier le potentiel antioxydant par l'inhibition d'autres radicaux libres comme le monoxyde d'azote (NO) qui en cas d'excès peut contribuer à la formation des ulcères gastriques.

Références bibliographiques

Références bibliographique

A

Aamir, Muhammad, Arshad ,Arfa, Afzaal ,Muhammad, Rakha ,Allah, Jalel Mahsen Oda ,Nooralhuda, Nadeem ,Muhammad, Saeed ,Farhan, et al. 2023. « Physicochemical and sensory profile of spiced yogurt as affected by ginger supplementation ». *International Journal of Food Properties* 26 (2): 2732-41. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2254021>.

Alam, Mohammad Khairul, Roberta Prete, Marco Faieta, Cecile Rannou, Carole Prost, Laurent Lethuaut, Aldo Corsetti, et Paola Pittia. 2025. « Yogurt Volatile Compounds as Affected by Processing and Compositional Factors: A Review ». *Trends in Food Science & Technology* 158 (avril):104921. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.104921>.

Aleksandra, Arsic, Prekajski Niveska, Vucic Vesna, Tepsic Jasna, Popovic Tamara, Vrvic M., et Glibetic Marija. 2009. « Milk in Human Nutrition: Comparison of Fatty Acid Profiles ». *Acta Veterinaria* 59 (5-6): 569-78. <https://doi.org/10.2298/AVB0906569A>.

Antriksh P. 2022. « Taille et croissance du marché du yaourt enrichi | Analyse des revenus [2030] ». 2022. <https://www.kingsresearch.com/fr/fortified-yogurt-market-421>.

B

Béal, Catherine, et Sandra Helinck. 2022. « Fabrication des yaourts et des laits fermentés ».

Bintsis, Thomas, et Photis Papademas. 2022. « The Evolution of Fermented Milks, from Artisanal to Industrial Products: A Critical Review ». *Fermentation* 8 (12): 679. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120679>.

Bourlioux, Pierre. 2007. « Histoire des laits fermentés ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 42 (avril):9-14. [https://doi.org/10.1016/S0007-9960\(07\)91314-0](https://doi.org/10.1016/S0007-9960(07)91314-0).

Bourlioux, Pierre, Véronique Braesco, et Denis D.G. Mater. 2011. « Yaourts et autres laits fermentés ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 46 (6): 305-14. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2011.07.001>.

Butin, Anne. 2017. « Le gingembre: de son utilisation ancestrale à un avenir prometteur ». (Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Lorraine, Faculté de Pharmacie). Nancy. 110 p. HAL Id: hal-01932085.

C

Chandan, Ramesh C., Akanksha Gandhi, et Nagendra P. Shah. 2017. « Yogurt ». In *Yogurt in Health and Disease Prevention*, 3-29. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00001-8>.

D

Dissanayake et al. 2020. « A Review on Medicinal Uses of Zingiber Officinale (Ginger) », n° 6.

F

Farag, Mohamed A., Haidy A. Saleh, Sherwet El Ahmady, et Moamen M. Elmassry. 2022. « Dissecting Yogurt: The Impact of Milk Types, Probiotics, and Selected Additives on Yogurt Quality ». *Food Reviews International* 38 (sup1): 634-50. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1877301>.

Fardet, Anthony, et al. 2017. « Le pouvoir antioxydant des produits laitiers ».

Felfoul, I, M Borchani, O Samet-Bali, H Attia, et M A Ayadi. 2017. « Effect of Ginger (Zingiber Officinale) Addition on Fermented Bovine Milk: Rheological Properties, Sensory Attributes and Antioxidant Potential » 44.

Fisberg, Mauro, et Rachel Machado. 2015. « History of Yogurt and Current Patterns of Consumption ». *Nutrition Reviews* 73 (suppl 1): 4-7. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv020>.

H

Habtemariam, Solomon. 2019. « The Chemical and Pharmacological Basis of Ginger (Zingiber Officinale Roscoe) as Potential Therapy for Diabetes and Metabolic Syndrome ». In *Medicinal Foods as Potential Therapies for Type-2 Diabetes and Associated Diseases*, 639-87. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102922-0.00018-3>.

K

Kontareva, V Yu, S N Belik, E V Morgul, I F Gorlov, et M I Slozenkina. 2020. « The Effect of Prebiotic Components on the Quality of Yogurt ». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 548 (8): 082054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/8/082054>.

L

Luquet, François-Marie, Georges François-Marie Corrieu, et Jean-Louis Multon. 2005. *Bactéries lactiques et probiotiques*. Sciences et techniques agroalimentaires.

M

Mahomud, Md. Sultan, Md. Nahidul Islam, Diloar Hossen, Md. Abdul Wazed, Sabina Yasmin, et Md. Sazzat Hossain Sarker. 2024. « Innovative Probiotic Yogurt: Leveraging Green Banana Peel for Enhanced Quality, Functionality, and Sensory Attributes ». *Heliyon* 10 (19): e38781. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38781>.

Marty-Teyssset, C., F. De La Torre, et J.-R. Garel. 2000. « Increased Production of Hydrogen Peroxide by *Lactobacillus Delbrueckii* Subsp. *Bulgaricus* upon Aeration: Involvement of an NADH Oxidase in Oxidative Stress ». *Applied and Environmental Microbiology* 66 (1): 262-67. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.1.262-267.2000>.

Mckinley, Michelle C. 2005. « The Nutrition and Health Benefits of Yoghurt ». *International Journal of Dairy Technology* 58 (1): 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00180.x>.

Melia, Sri, Indri Juliyarsi, et Yulianti Fitri Kurnia. 2022. « Physicochemical Properties, Sensory Characteristics, and Antioxidant Activity of the Goat Milk Yogurt Probiotic *Pediococcus Acidilactici* BK01 on the Addition of Red Ginger (*Zingiber Officinale* Var. *Rubrum Rhizoma*) ». *Veterinary World*, mars, 757-64. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.757-764>.

Moghaddasi et Kashani. 2012. « Ginger (*Zingiber Officinale*): A Review ». *Journal of Medicinal Plants Research* 6 (26). <https://doi.org/10.5897/JMPR011.787>.

Munteanu, Irina Georgiana, et Constantin Apetrei. 2021. « Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review ». *International Journal of Molecular Sciences* 22 (7): 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.

O

Olusola, Fakolade Patience, et Oyeniya Temitope Mercy. 2018. « CPQ Nutrition (2018) 3:2 Research Article ».

P

Pelletier, Jean-François, Jean-Michel Faurie, Alan François, et Philippe Teissier. 2007. « Lait fermenté : la technologie au service du goût ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 42 (avril):15-20. [https://doi.org/10.1016/S0007-9960\(07\)91315-2](https://doi.org/10.1016/S0007-9960(07)91315-2).

Prete, Roberta, Mohammad Khairul Alam, Giorgia Perpetuini, Carlo Perla, Paola Pittia, et Aldo Corsetti. 2021. « Lactic Acid Bacteria Exopolysaccharides Producers: A Sustainable Tool for Functional Foods ». *Foods* 10 (7): 1653. <https://doi.org/10.3390/foods10071653>.

R

Re, Roberta, Nicoletta Pellegrini, Anna Proteggente, Ananth Pannala, Min Yang, et Catherine Rice-Evans. 1999. « Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay ». *Free Radical Biology and Medicine* 26 (9): 1231-37. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).

Robinson, R K. 2002. « Yogurt: Role of Starter Culture ».

Roussel, Y, M Pebay, G Guedon, J M Simonet, et B Decaris. 1994. « Physical and Genetic Map of Streptococcus Thermophilus A054 ». *Journal of Bacteriology* 176 (24): 7413-22. <https://doi.org/10.1128/jb.176.24.7413-7422.1994.S>

S

Sarkar, S. 2019. « Potentiality of Probiotic Yoghurt as a Functional Food – a Review ». *Nutrition & Food Science* 49 (2): 182-202. <https://doi.org/10.1108/NFS-05-2018-0139>.

Sebastián-Nicolas, J.L., E. Contreras-López, J.G. Pérez-Flores, J. Jaimez-Ordaz, E. Pérez-Escalante, N. Vélez-Rivera, L.G. González-Olivares, J. Ramírez-Godínez, et Universidad Intercultural del Estado de Hidalgo. 2024. « Improvement of the Antioxidant Capacity of a Yogurt Enriched with Aqueous Ginger Extract (*Zingiber Officinale*) ». *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 23 (3): 1-15. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio24254>.

Settachaimongkon, Sarn, M.J. Robert Nout, Elsa C. Antunes Fernandes, Kasper A. Hettinga, Jacques M. Vervoort, Toon C.M. Van Hooijdonk, Marcel H. Zwietering, Eddy J. Smid, et Hein J.F. Van Valenberg. 2014. « Influence of Different Proteolytic Strains of *Streptococcus Thermophilus* in Co-Culture with *Lactobacillus Delbrueckii* Subsp. *Bulgaricus* on the Metabolite Profile of Set-Yoghurt ». *International Journal of Food Microbiology* 177 (mai):29-36. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.008>.

Shaukat, Muhammad Nouman, Akmal Nazir, et Biagio Fallico. 2023. « Ginger Bioactives: A Comprehensive Review of Health Benefits and Potential Food Applications ». *Antioxidants* 12 (11): 2015. <https://doi.org/10.3390/antiox12112015>.

T

Tamime, Ay. 2002. « Fermented Milks: A Historical Food with Modern Applications—a Review ». *European Journal of Clinical Nutrition* 56 (S4): S2-15. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601657>.

Teruel-Andreu, C., N. Jiménez-Redondo, R. Muelas, A.A. Carbonell-Pedro, F. Hernández, E. Sendra, et M. Cano-Lamadrid. 2024. « Techno-Functional Properties and Enhanced Consumer Acceptance of Whipped Fermented Milk with *Ficus Carica* L. By-Products ». *Food Research International* 195 (novembre):114959. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114959>.

Tsao, Rong. 2010. « Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols ». *Nutrients* 2 (12): 1231-46. <https://doi.org/10.3390/nu2121231>.

U

Uriot, Ophélie, Sylvain Denis, Maira Junjua, Yvonne Roussel, Annie Dary-Mourot, et Stéphanie Blanquet-Diot. 2017. « *Streptococcus Thermophilus*: From Yogurt Starter to a New Promising Probiotic Candidate? » *Journal of Functional Foods* 37 (octobre):74-89. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.07.038>.

V

Vasala, P.A. 2012. « Ginger ». In *Handbook of Herbs and Spices*, 319-35. Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857095671.319>.

W

Watts, B. M. 1989. *Basic sensory methods for food evaluation*. Ottawa, Ont., Canada: The Centre.

Y

Yang, Guo-Hao, Jun-Jun Guan, Jin-Shui Wang, Hai-Cheng Yin, Fa-Dong Qiao, et Feng Jia. 2012. « Physicochemical and Sensory Characterization of Ginger-Juice Yogurt during Fermentation ». *Food Science and Biotechnology* 21 (6): 1541-48. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0205-z>.

Yangilar, Filiz, et Pinar Oguzhan Yildiz. 2018. « Effects of Using Combined Essential Oils on Quality Parameters of Bio-Yogurt ». *Journal of Food Processing and Preservation* 42 (1): e13332. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13332>.

Z

Zahid, Hafza Fasiha, Chaminda Senaka Ranadheera, Zhongxiang Fang, et Said Ajlouni. 2022. « Functional and Healthy Yogurts Fortified with Probiotics and Fruit Peel Powders ». *Fermentation* 8 (9): 469. <https://doi.org/10.3390/fermentation8090469>.

Zeghib, Walid, Fares Boudjouan, et Mostapha Bachir-bey. 2022. « Optimization of Phenolic Compounds Recovery and Antioxidant Activity Evaluation from *Opuntia Ficus Indica* Using Response Surface Methodology ». *Journal of Food Measurement and Characterization* 16 (2): 1354-66. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01241-w>.

Zhang, Tuo, Shuo Geng, Tiantian Cheng, Kemin Mao, Bimal Chitrakar, Jie Gao, et Yaxin Sang. 2023. « From the Past to the Future: Fermented Milks and Their Health Effects against Human Diseases ». *Food Frontiers* 4 (4): 1747-77. <https://doi.org/10.1002/fft2.304>.

Zourari, A., J. P. Accolas, et M. J. Desmazeaud. 1992. « Metabolism and Biochemical Characteristics of Yogurt Bacteria. A Review ». *Le Lait* 72 (1): 1-34. <https://doi.org/10.1051/lait:199211>.

Annexe

Annexe

Annexe 01: Présentation de la laiterie « SOUMMAM » :

La Laiterie « Soummam » est une entreprise agroalimentaire algérienne spécialisée dans la production de produits laitiers, qui a été fondée par Monsieur Lounis Hamitouche en 1993. Son siège actuel se trouve en Algérie à Taharacht commune d'Akbou Wilaya de Bejaia. Depuis sa création, la société a connu un développement continu. . En 2011, Soummam est le premier producteur de yaourt avec 42 % de part de marché en Algérie.

Pour maintenir la qualité de ses produits et s'inscrire dans le programme de développement économique qui vise à réduire les importations de lait en poudre, la laiterie « Soummam » se positionne dès 2009, comme l'un des premiers initiateurs d'un programme d'accompagnement et de développement de la filière laitiers algérienne.

La laiterie « Soummam » produit et commercialise du lait UHT et des fromages frais (nature et aromatisé), des yaourts (en pots et en bouteilles), des spécialités lactières et autres desserts lactée. Fin 2018, elle s'est lancée dans la production et la commercialisation de spécialités fromagère fondues et les préparations fromagères, dont elle a atteint 17 références entre portions, barres et mini barres. Plus la gamme culinaire relative à la crème légère de 12% matière grasse et la sauce béchamel, ainsi la nouvelle gamme du yaourt grecque produits en 2025.

Elle dispose de plusieurs gammes de produits qui culminent plus de 183 références, lesquelles se déclinent en grande variété d'arômes, de fruits, d'emballages, et de conditionnement divers.

Sur le marché algérien « Soummam » assure une commercialisation de près de 1800T/jour, et dispose d'une capacité de production annuelle de plus de 12000000T/An, répartie sur deux sites de production, lequel abritant 51 lignes de production, ce qui lui permis d'être leader incontesté dans son domaine d'activité avec une part de marché de plus de 48%.

Monsieur Lounis Hamitouche, fondateur et PDG de la Laiterie Soummam, est né en 1946 à Chellata, daïra d'Akbou. Il est décédé le 19 avril 2025 à l'âge de 79 ans en France, suite à une longue maladie. Il était un homme d'affaires algérien bien connu pour son entreprise agroalimentaire et ses actions de bienfaisance.

Annexe 02 : Classification taxonomique du gingembre.

Le gingembre, dont le binôme latin est *Zingiber officinale* qui est classés dans le règne végétal selon ses caractéristiques morphologique , anatomiques et génétiques (Butin, 2017).

- ✓ Règne : Végétal
- ✓ Embranchement : Spermatophyte
- ✓ Sous-embranchement : Angiospermes (Magnoliophyta)
- ✓ Classe : Monocotylédones (Liliopsida)
- ✓ Sous-classe : Zingiberidae
- ✓ Ordre : Zingibérales
- ✓ Famille : Zingiberaceae
- ✓ Genre : *Zingiber*
- ✓ Espèce : *Zingiber officinale* Roscoe.

Annexe 03 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique :

L'acide gallique est un composé phénolique présent chez toutes les plantes, ce qui lui permet d'être utilisé comme un standard de référence. Afin de quantifier et d'exprimer les résultats de la teneur en composés phénolique dans les deux échantillons de yaourts formulée en mg EAG, une courbe d'étalonnage a été réalisée à partir de l'acide gallique illustré dans la figure suivante :

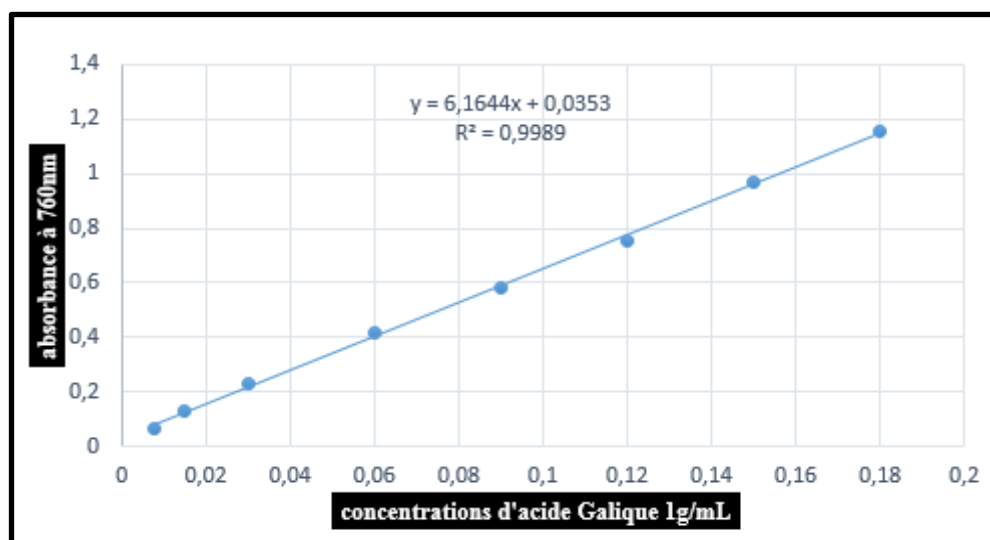


Figure 01: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique en fonction de l'absorbance à 760nm.

Annexe 04 : Courbe d'étalonnage Trolox :

Trolox est un analogue hydrosoluble de la vitamine E, utilisé comme un standard de référence pour mesurer l'activité antioxydante. Afin de quantifier et d'exprimer les résultats l'ABTS dans les deux échantillons de yaourts formulée en mg ETrolox, une courbe d'étalonnage a été réalisée à partir de Trolox illustré dans la figure suivante :

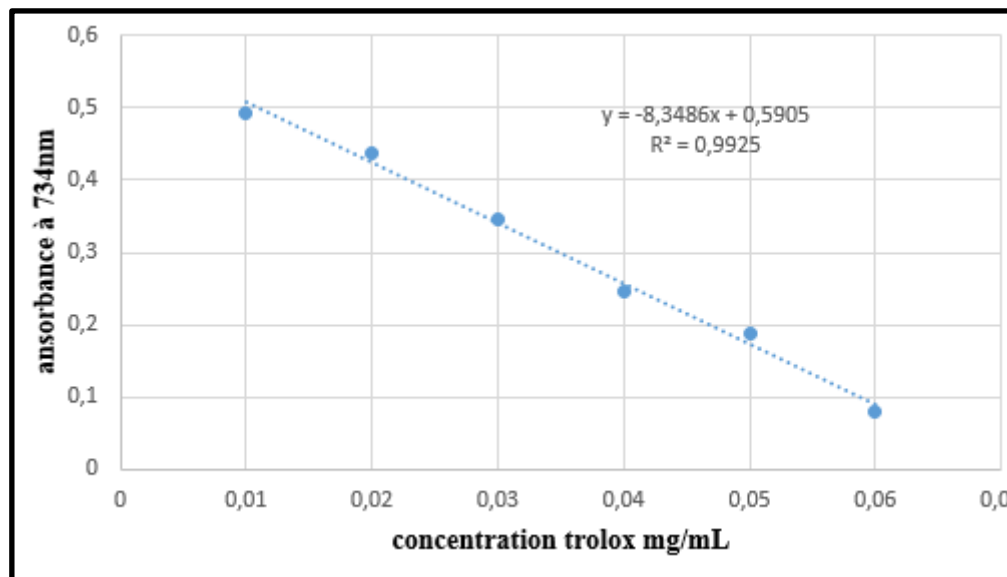


Figure 02: Courbe d'étalonnage de Trolox en fonction de l'absorbance à 734nm.

Annexe 05 : compositions des milieux de cultures :

- **Gélose VRBL :**

- Peptone.....7g
- Extrait de levure.....3g
- Lactose.....10g
- Chlorure de sodium.....5g
- Mélange sel biliaire.....1,5g
- Cristal violet.....0,002g
- Rouge neutre.....0,03g
- Agar-agar.....15g
- Eau distillée.....1L
- pH.....7,4±0,2
- Autoclavage à 121°C/15min

- **Gélose PCA :**

- Tryptone.....5g
- Extrait de levure.....2,5g
- Glucose.....1g
- Agar.....15g
- Eau distillée.....1L
- pH.....7
- Autoclavage 121°C/15min

- **Gélose YGC :**

- Extrait de levure.....5g
- Glucose.....20g
- Chloramphénicol.....0,1g
- Agar-agar.....15g
- pH6,6±0,2
- Autoclavage 121°C/15min

- **Gélose Baird Parker :**

- Peptone pancréatine de caséine.....10g
- Extrait de viande de bœuf.....5g
- Extrait de levure.....1g
- Chlorure de lithium.....5g
- Glycine.....12g
- Pyruvate de sodium.....10g
- Agar.....20g
- Autoclavage 121°C/15min

- **Gélose MRS :**

- Poly-peptone.....10g
- Extrait de viande.....10g
- Extrait de levure.....5g
- Glucose.....20g
- Tween 80.....1,08g
- Phosphate di-potassique.....2g
- Acétate de sodium.....5g
- Citrate d'ammonium.....2g
- Sulfate de magnésium.....0,20g
- Sulfate de manganèse.....0,05g

- Agar.....15g
- Eau distillée.....1L
- pH5,7±0,1
- Autoclavage 121°C/15min
- **Gélose M17 :**
 - Tryptone.....2,5g
 - Peptone pepsique de viande.....2,5g
 - Peptone papainique de soja.....5g
 - Extrait autolytique de levure.....2,5g
 - Extrait de viande.....5g
 - Lactose.....5g
 - Glycérophosphate de sodium.....19g
 - Sulfate de magnésium.....0,25g
 - Acide ascorbique.....0,50g
 - Agar.....15g
 - Eau distillée.....1L
 - pH.....7,1±0,2
 - Autoclavage 121°C/15min
- **Gélose VF :**
 - Peptone viande-foie.....30g
 - Sulfite de sodium.....2,5g
 - Glucose.....2g
 - Citrate ferrique ammoniacal.....0,5g
 - Amidon soluble.....2g
 - Agar.....11g
 - Eau distillée.....1L
 - Autoclavage 121°C/15min
- **Bouillon Sabouroud :**
 - Peptone de caséine.....5g
 - Peptone de viande.....5g
 - Glucose monohydraté.....20g
 - Gél.....9 à 18g
 - Eau distillée.....1L
 - pH.....5,6±0,2
 - Autoclavage 121°C/15min

- **Solution TSE :**

- Digestat enzymatique de caséine.....5g
- Chlorure de sodium.....8,5g
- Eau distillée.....1L
- pH.....7±0,2
- Autoclavage 121°C/15min

- **Bouillon Muller – Kauffmann :**

- Extrait de viande..... 5,0 g
- Peptone..... 10,0 g
- Chlorure de sodium..... 3,0 g
- Carbonate de calcium..... 45,0 g
- Eau distillée..... 1L
- Solution de vert brillant..... 10 g
- Autoclavage 115°C/15min

- **Bouillon RVS :**

- 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..... 5,2 ± 0,2
- Autoclavage 115°C/15min

- **Gélose HEKTOEN :**

- Peptone..... 12,00 g
- Chlorure de sodium..... 5,00 g
- Extrait de levure..... 3,00 g
- Thiosulfate de sodium..... 5,00 g
- Sels biliaires 9,00 g
- Citrate ferrique ammoniacal..... 1,50g
- Lactose..... 12,00 g
- Bleu de bromothymol 0,065 g
- Saccharose..... 12,00 g
- Fuchsine acide.....0,10g

- Salicine..... 2,00 g
- Agar..... 14,00 g
- Eau distillée..... 1L
- pH 7,5 ± 0,2
- Autoclavage 121°C/15min

• **Gélose XLD :**

- Extrait de levure..... 3,00 g
- Thiosulfate de sodium..... 6,80 g
- L-Lysine..... 5,00 g
- Citrate ferrique ammoniacal..... 0,80g
- Xylose..... 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 distillée..... 1L
- pH 7,4 ± 0,2
- Autoclavage 121°C/15min

• **L'eau peptonnée tamponnée :**

- Peptone de digestat enzymatique de tissus d'animaux 10,0g
- Chlorure de sodium..... 5,0 g
- Hydrogénophosphate dodécahydrate disodique..... 9,0 g
- Dihydrogénophosphate de potassium..... 1,5 g
- Eau distillée 1L
- Autoclavage 121°C/15min

Annexe 06:

Questionnaire d'analyse sensorielle du yaourt :

Nom et prénom :

Date :

Huit échantillons de yaourt codés de A jusqu'à H 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 présenté 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.

La couleur du yaourt :

1. Blanc
2. Blanc cassé
3. Jaune
4. Marron

A	B	C	D	E	F	G	H

L'odeur du yaourt :

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

A	B	C	D	E	F	G	H

Intensité de l'arôme (sensation en bouche) :

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

A	B	C	D	E	F	G	H

Arome identifié :

1. Non identifié
2. Citron
3. Miel
4. Autre (a identifié)

A	B	C	D	E	F	G	H

La sucrosité du yaourt :

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

A	B	C	D	E	F	G	H

Quantité de gingembre ajouté :

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

A	B	C	D	E	F	G	H

Quantité de citron ajouté :

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

A	B	C	D	E	F	G	H

L'acidité du yaourt :

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

A	B	C	D	E	F	G	H

Texture du yaourt en bouche :

1. Très désagréable
2. Désagréable
3. Ni agréable ni désagréable (normal)
- 4.
5. Agréable
6. Très agréable

A	B	C	D	E	F	G	H

Consistance du yaourt :

1. Très granuleuse
2. Granuleuse
3. Peu granuleuse
4. Lisse
5. Très lisse

A	B	C	D	E	F	G	H

Arrière-gout :

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

A	B	C	D	E	F	G	H

Préférence :

Classer les échantillons selon votre préférence de 1 à 6 sachant que le 1 correspond à l'échantillon le plus préféré et 6 à l'échantillon le moins préféré.

A	B	C	D	E	F	G	H

Commentaire :

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

.....
.....

**Merci pour votre
collaboration**

Résumé

Résumé

Cette étude visait à formuler une nouvelle recette de yaourt à boire de la laiterie « SOUMMAM », enrichie en gingembre frais et en gingembre en poudre. Les échantillons obtenus ont été évalués sur le plan sensorielle, puis physicochimique et microbiologiques, afin d'analyser l'impact de ces enrichissements sur les caractéristique de produit final. L'analyse sensorielle à révéler une bonne acceptabilité des produits, les échantillons les plus appréciés été le D pour les échantillons à base de gingembre frais et le H pour les échantillons à base de gingembre en poudre, ces deux échantillons ont été sélectionnés pour le suivi des analyses physicochimiques et microbiologiques. Cependant les résultats des analyses physicochimiques des deux formulations été conformes aux normes établies par l'entreprise, Tandis que la teneur en polyphénols et la capacité de piégeage de l'ABTS ont diminué au cours des 28 jours de stockage, elles se sont néanmoins maintenues à des niveaux intéressants. Les analyses microbiologiques ont montrées une absence totale des germes pathogène et d'altération avec une diminution des ferments lactiques pendant la conservation mais reste supérieur à la norme ($\geq 10^7$ UFC/mL). En conclusion, cette recherche a permis de développer de nouvelles formulations de yaourt à boire offrant une bonne acceptabilité sensorielle et conformité physicochimique et microbiologiques.

Mots clés : Yaourt, gingembre, ferments lactiques, aliment fonctionnel, activité antioxydante.

Abstract

This study aimed to formulate a new drinkable yogurt recipe for the "SOUMMAM" dairy, enriched with fresh ginger and ginger powder. The obtained samples were evaluated in terms of sensory, then physicochemical and microbiological aspects, in order to analyze the impact of these enrichments on the characteristics of the final product. The sensory analysis revealed good acceptability of the products; the most appreciated samples were D for the fresh ginger-based yogurts and H for the powdered ginger-based yogurts. These two samples were selected for the monitoring of physicochemical and microbiological analyses. However, the physicochemical results of the two formulations complied with the standards established by the company. While the polyphenol content and ABTS radical scavenging capacity decreased during the 28 days of storage, they remained at interesting levels. Microbiological analyses showed a total absence of pathogenic and spoilage organisms, with a decrease in lactic acid bacteria during storage, but still above the required standard ($\geq 10^7$ CFU/mL). In conclusion, this research made it possible to develop new drinkable yogurt formulations offering good sensory acceptability and physicochemical and microbiological compliance.

Keywords: Yogurt, ginger, lactic acid bacteria, functional food, antioxidant activity

Agzul:

Tazrawt-a tesāa iswi n usnulfu n talya tamaynut n lyawurt n tissit n "SUMMAM", yettwasneran s lzanğabil amaynut d lzanğabel n tbuciđant. Tiskanin i d-yettwasqedcen ttwaqedcent deg uswir n tħulfa, sakkin n tfizikt d tmikrubiyoloji, akken ad d-yili uferru n tmuyliwin n usnurni-a yef tyawsiwin n ufaris aneggaru. Anadi n tħulfa yesskanay-d aqbal yelhan n yifarisen, tignatin i d-yettwasqedcen s wařas d D i tignatin i d-yesbedden lzanğabel amaynut d H i tignatin i d-yesbedden lzanğabel n tbuciđant, snat n tmuyliwin-a ttwafernent i uđfar n tesleđt n tfekka d tmikrubiyolojit. D acu kan, igmađ n yiferdisen n tfekka d tfekka n snat-a n tmezđiyin llan s uqader n yilugan ay d-tesbedd tkebbanit-a. Ma yella azal n polifenol d tezmert n uħbas n ABTS nnig n 28 n wussan n uħzezeb, d acu kan, qqimen deg yiswiren ay yesāan azal. Tizrawin n tmikrubiyolojit sseknt-d s ujemmal lqella n yiferdisen n tmezđiyin d tmezđiyin s usnulfu n tmezđiyin n tmezđiyin deg tallit n uħzezeb maca mazal-itt tgerrez ugar n uswir ($\geq 10^7$ CFU/mL). Deg taggara, tazrawt-a tessawed ad d-tesnulfu tiferkiwin timaynutin n lgaz n tissit ay d-yettakfen aqbal yelhan n tħulfa d uđfar n tfekka d tmikrubiyolojit.

Awalen n tmezriwt: Ayawurt, lzanğabil, isednanen n yawurt, ućci awuran, timellalin tuggatin n umseddi.