



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Tissemsilt

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master académique en
microbiologies appliquée

Filière : Biologie

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présentée par : BELDJOUHERLyna chourouk & HERRAM Amel

Thème :

Effet des extraits de grains de camomille (*Matricaria chamomilla L.*) sur les qualités physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du yaourt étuvé

Soutenu le /06/2026
Devant le Jury

SETTI AHMED K

Président

Prof.

Univ- Tissemsilt

BEKADA A Med Ali

Encadreur

Prof.

Univ- Tissemsilt

DRIZI NExamineur

MAA Univ- Tissemsilt

2025/2026

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah le Tout-Puissant de nous avoir donné la force, le courage et les ressources nécessaires pour nous guider sur les chemins de la science et de la connaissance, et pour nous avoir aidés à accomplir et achever ce travail de fin d'études.

Nous tenons à exprimer notre professionnelle gratitude et nos sincères remerciements à notre directeur de mémoire, Pr. Bekada Ahmed, pour sa confiance, ses conseils avisés, son encadrement précieux et son soutien continu tout au long de la réalisation de ce projet. J'implore Dieu, le Tout-Puissant, de lui accorder une bonne santé, du bonheur et une juste récompense pour son accompagnement.

Mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance vont également à l'endroit de l'éminente enseignante, Dr. Nadir, pour son soutien constant, ses efforts et ses précieuses orientations. J'implore Dieu le Tout-Puissant de lui accorder une bonne santé, du bonheur et de la récompenser pleinement pour son accompagnement précieux.

Nous tenons à exprimer notre gratitude chaleureuse à tous les ingénieurs de laboratoire pour leur aide précieuse, leur accueil chaleureux, leur patience et leur collaboration technique durant la phase expérimentale de nos recherches. Vos compétences et vos orientations nous ont été d'une utilité capitale.

Enfin, à l'issue de ce projet de recherche, j'adresse mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation, à la finalisation et à l'évaluation de ce mémoire.

Dédicaces

À ma chère **maman**,

. À la source de tendresse, à celle qui est la raison de ma réussite, et dont les prières sincères ont cheminé comme une lumière éclairant ma voie dans l'obscurité des nuits.

Je te dédie le fruit de mes efforts et mon diplôme ce que je suis devenue aujourd'hui n'est que le fruit de ce que tes mains ont semé, et le résultat d'un amour chaleureux qui m'a toujours enveloppée.

Que Dieu te préserve comme un diadème sur ma tête, que ta présence demeure un soutien et une lumière pour ma vie, et qu'Il fasse de moi une fille dévouée à ton égard, ô Seigneur

À mon cher **père**,

À celui qui m'a appris que le succès commence par un premier pas
Merci d'avoir toujours été là pour me pousser vers l'avant, et d'avoir cru en mes capacités, même dans mes moments de faiblesse.

J'espère être aujourd'hui le bon fruit de ton noble dévouement, et que Dieu réjouisse ton cœur par ma réussite et mon diplôme.

Puisse Dieu prolonger ta vie, te préserver comme une couronne sur ma tête, une lumière qui illumine mon existence, et faire de moi une fille pieuse et reconnaissante envers toi.

À ma chère sœur, **Professeur Asma**,

Mon soutien et ma compagne de route. Merci pour ta présence, tes encouragements continus et ton amour qui m'a toujours dotée de force et de courage ; tu as toujours été, et tu resteras, ma source de force et d'inspiration.

À ma petite sœur et bien-aimée **Imane**

Ma douce petite et la joie de mes jours. Merci pour ton cœur pur, ton soutien constant et ton sourire qui me transmettait une énergie positive et m'encourageait tout au long de ce parcours ; reste à jamais ma précieuse petite sœur.

À ma chère tante **Docteur Khadija**, à son époux **Docteur Mohamed**, et à leurs enfants si chers à mon cœur, **Ilyas**, **Mouadh** et la charmante **Bouchra**

En témoignage de mon affection sincère .

Merci pour votre soutien et pour chaque moment de joie que nous avons partagé, vous occupez une place immense dans mon cœur, mes êtres les plus chers, je vous aime

À ma chère binôme **Lyna**,

Mon amie et ma compagne de laboratoire. Ce travail est le couronnement de nos efforts partagés, de notre patience, de notre complicité et de notre persévérance pour réussir. Je te souhaite un

avenir brillant et plein du succès pour lequel tu as tant œuvré.

À mes chères **amies**,

Compagnes de mes jours et de mes beaux souvenirs. Je vous dédie ce travail en expression de ma gratitude pour votre douce présence dans ma vie, vos mots encourageants et votre soutien sincère qui a été un baume dans les moments difficiles.

Amel

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
(وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

À mes très chers **parents**,

Je vous dédie ce modeste travail avec tout mon amour et ma profonde gratitude. Merci pour votre soutien indéfectible, vos sacrifices, votre confiance et vos prières qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours. Vous avez toujours été ma force dans les moments difficiles et la source de chaque réussite que j'ai accomplie.

Que Dieu vous protège et vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes très chers **grands-parents**,

Avec toute mon affection, merci pour votre amour, votre tendresse et vos précieuses prières

À mes chères sœurs : **Hayat, Jawaher et Halima Jihane**,

Merci pour votre amour, votre soutien et votre présence à mes côtés dans les moments les plus difficiles. Votre affection et vos encouragements m'ont toujours donné la force d'avancer. Je vous aime profondément et je remercie Dieu de vous avoir dans ma vie.

À mes chers frères : **Habib El Houssein et Alaâ Eddine**,

Merci d'avoir toujours été présents à mes côtés. Votre soutien et votre confiance ont été une véritable source de force pour moi. Je suis fière de vous avoir comme frères et reconnaissante pour tous les moments où vous avez été là pour moi.

À mes chers oncles : **Youssef et Yahia**,

Merci pour votre présence, votre soutien et votre affection. Votre bienveillance et vos encouragements ont toujours compté pour moi. Sachez que vous occupez une place particulière dans mon cœur.

À ma chère belle-tante **Louiza**,

Merci pour tout. Tu as toujours été pour moi comme une sœur, et je n'oublierai jamais ta bonté envers moi

À ma chère amie **Amel**,

Merci pour ton soutien, ta gentillesse et tous les beaux moments partagés. Je garderai toujours un merveilleux souvenir de cette belle aventure vécue à tes côtés.

À mes chères amies : **Aya, Meriem, Sarah, Ayet, Bouchra, Chourouk et Bassma**,

Merci pour votre soutien, votre amitié sincère et tous les merveilleux moments que nous avons partagés ensemble. Les souvenirs que nous avons créés resteront à jamais gravés dans ma mémoire. Vous occuperez toujours une place spéciale dans mon cœur

LynaChourouk

Résumé

Cette étude s'est focalisée sur l'évaluation de l'efficacité de l'incorporation de composés phénoliques bioactifs issus de la camomille (***Matricaria chamomilla***) comme alternative naturelle aux antioxydants synthétiques dans la matrice du yaourt, tout en suivant l'évolution de sa qualité globale au cours d'une conservation réfrigérée de 12 jours à 4 °C.

L'extraction hydroéthanolique a permis d'obtenir une teneur appréciable en polyphénols totaux, estimée à 35,4 mg EAG/g d'extrait. Le test du DPPH a révélé une bonne capacité antioxydante des extraits de camomille, avec une valeur d'IC₅₀ de 59 µg/mL, témoignant d'une activité efficace de piégeage des radicaux libres.

Sur le plan physico-chimique, les yaourts ont présenté une diminution marquée du pH au cours du stockage, passant de 6,70 à 4,48 pour l'échantillon témoin et de 6,65 à 4,30 pour l'échantillon enrichi à 10 % d'extrait. Parallèlement, l'acidité titrable a augmenté progressivement durant la période de conservation, atteignant respectivement 88 °D pour le yaourt témoin et 102 °D pour le yaourt contenant 10 % d'extrait au 12^e jour de stockage.

Sur le plan microbiologique, l'incorporation de l'extrait de grains de camomille n'a pas compromis la viabilité de ***Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus***, dont les populations sont demeurées supérieures aux seuils recommandés pour exercer un effet probiotique bénéfique ($\geq 10^6$ – 10^7 UFC/mL) après 12 jours de conservation.

Sur le plan sensoriel, l'ajout de l'extrait a influencé les caractéristiques organoleptiques du yaourt, notamment la texture, l'arôme et l'acidité. La concentration de 10 % s'est distinguée par l'obtention d'un produit présentant une saveur caractéristique et agréable, sans altérer l'aspect visuel ni l'acceptabilité globale du yaourt.

Mots-clés : *Matricaria chamomilla*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, yaourt, polyphénols, activité antioxydante.

Abstract

This study focused on evaluating the efficacy of incorporating bioactive phenolic compounds from chamomile (*Matricaria chamomilla*) as a natural alternative to synthetic antioxidants within a yogurt matrix, while monitoring the evolution of its overall quality during 12 days of refrigerated storage at 4 °C.

Hydroethanolic extraction yielded an appreciable total polyphenol content, estimated at 35.4 mg GAE/g of extract. The DPPH assay revealed a strong antioxidant capacity for the chamomile extracts, with an IC₅₀ value of 59 µg/mL, demonstrating efficient free radical scavenging activity.

Physicochemically, the yogurts exhibited a marked decrease in pH during storage, dropping from 6.70 to 4.48 for the control sample and from 6.65 to 4.30 for the sample enriched with 10% extract. Concurrently, titratable acidity progressively increased throughout the conservation period, reaching 88 °D for the control yogurt and 102 °D for the yogurt containing 10% extract by the 12th day of storage.

Microbiologically, the incorporation of chamomile extract did not compromise the viability of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Its populations remained above the recommended thresholds required to exert a beneficial probiotic effect ($\geq 10^6$ – 10^7 UFC/mL) after 12 days of storage.

Sensorially, the addition of the extract influenced the organoleptic characteristics of the yogurt, notably its texture, aroma, and acidity. The 10% concentration stood out, yielding a product with a distinctive and pleasant flavor without altering the visual appearance or the overall acceptability of the yogurt.

Keywords: *Matricaria chamomilla*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, yogurt, polyphenols, antioxidant activity.

الملخص

تمحورت هذه الدراسة حول تقييم مدى فعالية دمج المركبات الفينولية النشطة بيولوجيًا والمستخلصة من البابونج (*Matricaria chamomilla*) كبديل طبيعي لمضادات الأكسدة الاصطناعية في مصفوفة الياغورت (الزبادي)، مع تتبع تطور جودته الشاملة خلال فترة حفظ مبردة مدتها 12 يومًا عند درجة حرارة 4 درجات مئوية.

وقد سمح الاستخلاص الهيدروإيثانولي بالحصول على محتوى معتبر من الفينولات الكلية، قُدِّر بـ 35.4 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غ من المستخلص. (mg GAE/g) كما كشف اختبار DPPH عن قدرة جيدة للمستخلصات على مضادة الأكسدة، بقيمة IC_{50} بلغت 59 ميكروغرام/مل، مما يدل على نشاط فعال في تثبيط الجذور الحرة.

من الناحية الفيزيوكيميائية، أظهرت عينات الياغورت انخفاضًا ملحوظًا في الأس الهيدروجيني (pH) أثناء التخزين، حيث تراجع من 6.70 إلى 4.48 بالنسبة للعينات الشاهدة، ومن 6.65 إلى 4.30 بالنسبة للعينات المدعمة بمستخلص البابونج بنسبة 10%. وبالموازاة مع ذلك، ارتفعت الحموضة القابلة للمعايرة تدريجيًا خلال فترة الحفظ، لتصل على التوالي إلى 88 درجة دورنيك ($^{\circ}D$) للياغورت الشاهد و102 درجة دورنيك للياغورت المحتوي على 10% من المستخلص في اليوم الثاني عشر من التخزين.

أما من الناحية الميكروبيولوجية، فإن دمج مستخلص البابونج لم يؤثر سلبيًا على حيوية بكتيريا *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*، حيث ظلت أعدادها فوق الحدود الموصى بها لإحداث تأثير بروبيوتيك مفيد وحدة تشكيل مستعمرة ($10^6 - 10^7$ UFC/mL) بعد 12 يومًا من الحفظ.

ومن الجانب الحسي، أثرت إضافة المستخلص على الخصائص الأرغونوليبتية (الحسية) للياغورت، لاسيما القوام، النكهة والحموضة. وقد تميز التركيز بنسبة 10% بالحصول على منتج ذو نكهة مميزة ومستساغة، دون تغيير المظهر البصري أو القبول العام للياغورت.

الكلمات المفتاحية: *Matricaria chamomilla* *Streptococcus thermophilus* *Lactobacillus bulgaricus*، ياغورت، بوليفينولات، النشاط المضاد للأكسدة.

Sommaire

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master académique en microbiologies appliquée	1
Présentée par : BELDJOUHERLyna chourouk & HERRAM Amel	1
<i>Remerciements</i>	2
<i>Dédicaces</i>	3
Liste des tableaux.....	12
Liste de figure	13
Liste des abréviations :	14
Introduction	1
Partie bibliographique	2
Partie expérimentale.....	2
<i>PartieBibliographique</i>	3
<i>Chapitre I</i>.....	4
<i>La camomille (Matricaria chamomilla L)</i>	4
Présentation générale de la camomille	3
1 Description de la plante	3
1.1. Origine et répartition géographique	3
1.2. Classification taxonomique de <i>Matricaria chamomilla</i> L (El Mihyaoui et <i>al.</i>, 2022)	4
1.3. Composition chimique de la <i>Matricaria chamomilla</i> L.	4
1.4. Activités biologiques de la camomille.....	5
1.5. Utilisation traditionnelle de La camomille.....	6
1.6. Utilisation pharmacologique	6
Caractéristiques organoleptiques	6

Chapitre II	1
Généralités sur le yaourt étuvé	1
1 Définition du yaourt.....	10
1. Matières utilisées pour la production du yaourt	11
1.1Lait frais.....	11
1.2La poudre de lait	12
1.3. Eau.....	13
2.1Streptococcus thermophilus.....	13
3.2. Lactobacillus bulgaricus	14
4 Technologie de fabrication du yaourt	15
4.1Préparation du lait	15
4.2Standardisation du mélange.....	16
4.3Homogénéisation	16
4.4Traitement thermique.....	16
4.5Fermentation lactique.....	17
4.6Conditionnement et stockage	18
4.7Conservation et durée légale de conservation du yaourt.....	18
Figure4 :1Diagramme général de la fabrication de yaourt ferme et brassé (Béal &Sodini,2008).....	19
5. Qualité du yaourt	20
5.1Qualité physico-chimique	20
5.2Qualité microbiologique du yaourt	20
5.3Qualité organoleptiques.....	20
5.3.1.fermeté.....	20
5.3.2. Arôme	21
5.3.3Texture	21
5.3.4Goût	21

6 Le yaourt et ses bienfaits	21
<i>Méthodologie</i>	1
Objectif de travail	1
1Lieu de l'étude	1
2.4Préparation de l'extrait hydro-éthanolique.....	2
3.Rendement d'extraction	3
3.1Dosage de la teneur en polyphénols totaux.....	3
3.2.Évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH	4
4.1Préparation des dilutions des extraits	5
4.2Préparation du yaourt étuvé enrichi d'extraits phénoliques de grains de fenouil :	5
4.2.1Préparation du levain	5
4.2.2Technologie de fabrication de yaourt et incorporation des extraits de camomille	6
5. Analyses physico-chimiques	8
5.1Mesure de pH	8
5.2Mesure de l'acidité Dornic	9
6. Analyses microbiologiques du yaourt	9
6.1Dilution en cascade.....	9
6.2Dénombrement de la flore lactique	10
<i>Fugire 13 : Ensemencement des boites de pétri</i>	10
7. Test organoleptique.....	10
6.1Couleur.....	10
6.2Acidité	10
6.3Odeur.....	11
6.4Goût	11
6.5Consistance	11
6.6Appréciation globale	11
8Analyse statistique.....	12

Résultats Et Discussion.....	13
1.Rendement d'extraction des composés phénoliques totaux	35
2. Teneur en composés phénoliques totaux.....	35
Résultats du pouvoir antioxydant -Test au DPPH.....	37
4. Caractéristiques physico-chimiques des yaourts	38
Analyse sensorielle	43
CONCLUSION.....	45
Références bibliographiques.....	46
21)DELLAGLIO F., DE ROSSART H., TORRIANIS S., CURK M. et JANSSENS D.,.....	48
49)Roussel et al,(1994) Roussel, M. F. (1994). Signal transduction by the macrophage-.....	51
Composition de milieux de culture :	56
Milieu de culture : MRS.....	56

Liste des tableaux

Tableau 1préparation des différentes dilutions des extraits de camomille	26
Tableau 2valeur de ph des yaourts expérimentaux au cours de la conservation	35
Tableau 3Tenurs en acidité des yaourts expérimentaux au cours de la concervation	36
Tableau 4 : Evolution du nombre de Lactobacillus bulgaricusdes yaourt expérimentaux au cours de la conservation	39

Liste de figure

1) La plante de camomille de la région de tissemilt (photo originale 2026)	6
2) <i>Lactobacillus Bulgaricus</i>	14
3) <i>Streptococcus thermophilus</i>	14
4) Diagramme général de la fabrication de yaourt ferme et brassé (Béal &Sodini,2008)	18
5) Evolution rotatif pour récupération d'extrait hydro -Éthanolique	22
6) après broyage	23
7) Diagramme de fabrication de yaourts expérimentaux additionnés d'extraits de camomille	27
8) Etuvage des yaourts en étuve à température contrôlée	27
9) Yaourt préparé à l'issue du procédé de fabrication	27
10)5PH métré	28
11) Titration de l'acidité	29
12) Encensement des boites de pétri	30
13) Test de dégustation de l'évaluation organoleptique	31
14)résultats de l'analyse microbiologique développement des coloniesbactériennes sur milieux de culture	40

Liste des abréviations :

°C : Degré Celsius.

°D : Degré Dornic.

M17 : Mannitol.

Abs : Absorbance.

MRS : Gélose de Man-Rogosa-Sharpe.

DPPH : (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil).

PH : Potentiel d'hydrogène.

LB : Lactobacillus bulgaricus. ST : Streptococcus thermophilus NaOH : Hydroxyde de sodium.

UFC : Unité formant colonie.

CI50 : Concentration inhibitrice à 50%.

Introduction

Introduction

Depuis les temps les plus reculés, l'humanité a su tirer profit du règne végétal pour concevoir des remèdes traditionnels et des stratégies de prévention sanitaire. Les différentes parties des plantes, au-delà de leurs usages thérapeutiques ancestraux, s'intègrent aujourd'hui pleinement dans l'alimentation fonctionnelle et les pratiques quotidiennes (Roy et al., 2018). Cette valeur repose sur leur richesse en métabolites secondaires bioactifs, notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes, les hétérosides, les alcaloïdes et les huiles essentielles (Ouis, 2014). Ces molécules confèrent aux végétaux un large spectre d'activités biologiques, offrant ainsi une alternative prometteuse et naturelle face aux molécules de synthèse. Actuellement, on estime qu'une part majeure des principes actifs utilisés en pharmacologie moderne découle directement ou indirectement d'extraits végétaux (Karou et al., 2005).

Parmi ces substances d'intérêt, les composés polyphénoliques se distinguent par leur puissant pouvoir antioxydant. Ils jouent un rôle clé dans la neutralisation des radicaux libres, la prévention des pathologies métaboliques et la promotion de la santé globale. Sur le plan technologique, ces antioxydants naturels suscitent un vif intérêt dans le secteur agroalimentaire, où ils se positionnent comme des substituts viables et sécuritaires face aux conservateurs chimiques suspects de toxicité (Ouis, 2014). Face aux exigences croissantes des consommateurs pour des aliments sains et sans additifs de synthèse, l'exploration de matrices végétales aromatiques et médicinales s'avère indispensable.

La camomille allemande (*Chamomilla recutita*) figure parmi les plantes médicinales les plus emblématiques et universellement valorisées. Reconnue pour sa richesse en chamazulène, en apigénine et en composés phénoliques, ses inflorescences déploient des propriétés pharmacologiques remarquables : anti-inflammatoires, spasmolitiques, sédatives, antioxydantes et fortement antimicrobiennes (Kooti et al., 2015). Traditionnellement exploitée pour apaiser les troubles digestifs et le stress oxydatif, la camomille représente un candidat idéal pour l'innovation agroalimentaire.

C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude, qui explore l'incorporation d'un extrait de *Chamomilla recutita* dans le yaourt étuvé. Ce produit laitier fermenté, consommé mondialement, est plébiscité tant pour sa valeur nutritionnelle que pour ses qualités organoleptiques (Nagaoka, 2019). Naturellement pourvu en protéines de haute valeur biologique, en acides gras essentiels, en minéraux et en microflore probiotique (Fisberg et Machado, 2015 ; Shori, 2020), le yaourt soutient l'équilibre microbiote intestinal et renforce les défenses

immunitaires. En tant que matrice alimentaire fonctionnelle, le yaourt étuvé se prête parfaitement à un enrichissement par des extraits végétaux, visant à potentialiser sa stabilité microbiologique et sa capacité antioxydante sans altérer son identité sensorielle.

Au vu de ces considérations, une problématique centrale émerge : Dans quelle mesure l'adjonction d'un extrait de camomille (*Chamomilla recutita*) influence-t-elle la qualité globale du yaourt étuvé ?

Pour élucider cette question principale, plusieurs axes de recherche sont explorés :

Quel est l'impact de cet extrait végétal sur les cinétiques d'acidification et les descripteurs physico-chimiques (pH, acidité titrable, synérèse) du yaourt ?

Comment cette formulation affecte-t-elle l'écosystème microbiologique, notamment la viabilité des bactéries lactiques spécifiques (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) et l'inhibition des contaminants microbiens ?

Dans quelle proportion l'intégration de la camomille module-t-elle le profil sensoriel (couleur, texture, arôme, saveur) et l'acceptabilité globale du produit fini par le consommateur ?

Ainsi, l'objectif majeur de ce travail est de caractériser l'effet de l'extrait de *Chamomilla recutita* sur les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels du yaourt étuvé afin d'en évaluer la qualité et la valeur ajoutée.

Partie bibliographique

Chapitre 01: La camomille (*Matricaria chamomilla* L) aspects botaniques, chimiques et pharmacologiques

Chapitre 02 : Le yaourt : procédés de fabrication, caractéristiques et enrichissement par des extraits végétaux

Partie expérimentale

Matériels et méthodes : extraction de camomille, préparation des yaourts, analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles

Résultats et discussion

Partie Bibliographique

Chapitre I

La camomille (Matricaria chamomilla L)

Présentation générale de la camomille

1 Description de la plante

La camomille (*Matricaria chamomilla* L.), également connue sous le nom de *Matricaria recutita*, souvent désignée comme camomille allemande, est une plante herbacée annuelle qui fait partie de la famille des *Asteraceae*. Cette plante, couramment employée en phytothérapie, possède un système racinaire pivot fin et fusiforme, caractéristique des espèces adaptées aux sols légers et bien drainés (El Mihyaoui et al., 2022). La tige, qui se dresse et se ramifie dès le départ, peut atteindre une hauteur de 10 à 80 cm, sa structure étant déterminée par les conditions pédo-climatiques (Singh et al., 2011). Elle est caractérisée par ses petites fleurs blanches en forme de capitules, qui au centre contiennent des fleurons tubulaires jaunes (Dai et al., 2022).

1.1. Origine et répartition géographique

Matricaria chamomilla L. est une espèce de plante originaire des régions tempérées, principalement du bassin méditerranéen et de certaines zones d'Asie. Sa culture et son acclimatation progressive ont favorisé son expansion sur plusieurs continents, notamment l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Australie. Elle se développe préférentiellement dans les prairies et sur des sols légers de type sablonneux (Bahmani et al., 2015).

En Algérie, cette espèce est observée à la fois à l'état spontané et subspontané, en particulier dans les régions du Nord où les conditions climatiques et édaphiques sont favorables à son installation. Elle colonise fréquemment les espaces ruraux, les terres en jachère ainsi que les abords des routes. Quezel et Santa (1963) signalent sa présence dans plusieurs wilayas du Tell, notamment Tizi Ouzou, Médéa, Blida, Constantine et Sétif.

Par ailleurs, en raison de l'intérêt croissant porté à ses propriétés thérapeutiques, *Matricaria chamomilla* L. est également cultivée à petite échelle dans certaines exploitations agricoles en Algérie. Elle est principalement utilisée pour la préparation d'infusions ainsi que pour la production d'extraits destinés au secteur pharmaceutique (Zadam et al., 2023).



Figure 1 : La plante de camomille de la région d'Amari, wilaya de Tissemsilt (photo originale 2026)

1.2. Classification taxonomique de *Matricaria chamomilla* L (El Mihyaoui et al., 2022)

Règne : *Plantae*

Embranchement : *Spermatophytes*

Sous-embranchement : *Dicotyledones*

Classe : *Dicotyledoneae*

Ordre : *Asterales*

Famille : *Asteraceae*

Genre : *Matricaria*

Espèce : *Matricaria chamomilla* L.

1.3. Composition chimique de la *Matricaria chamomilla* L.

Matricaria chamomilla fait partie d'un groupe important de plantes médicinales cultivées. Elle englobe un vaste ensemble de classes de composés actifs ayant un intérêt thérapeutique. On considère que la camomille est principalement constituée de sesquiterpènes, de flavonoïdes, de coumarines et de polyacétylènes. Chez *Matricaria chamomilla*, les coumarines sont symbolisées par l'herniarine et l'ombelliférone selon les travaux de **Kotov et al., (1991)** et **Redaelli et al., (1981)**. Selon **Singh et al., (2010)**, le GMCA, qui est l'acide(Z)-et(E)-2-β-dglucopyranosyloxy-4-méthoxy-cinnamique, ainsi que ses glucosides précurseurs, sont recommandés comme des composés naturels de la camomille.

On retrouve dans l'extrait de camomille des composés phénoliques bioactifs comme l'herniarine, l'ombelliférone (coumarine), l'acide chlorogénique et l'acide caféique (phénylpropanoïdes), l'apigénine, l'apigénine-7-O-glucoside, la lutéoline et la lutéoline-7-O-glucoside (flavones), la quercétine et la rutine (flavonols), sans oublier la naringénine (flavanone), comme l'atteste **Singh et al., (2011)**.

1.4. Activités biologiques de la camomille

Les recherches scientifiques concernant *Matricaria chamomilla* L. ont largement validé la variété de ses actions biologiques. Effectivement, cette plante médicinale est réputée pour ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires, sans oublier son potentiel dans la lutte contre le cancer (**Nikseresht et al., 2017 ; Villa-Rodriguez et al., 2018 ; Höferl et al., 2020 ; Al-Mekhlafi et al., 2021**).

L'activité antioxydante a été démontrée à la fois par divers tests *in vitro* et par l'examen de plusieurs systèmes enzymatiques participant à la défense cellulaire, comme la catalase, la glutathion peroxydase, la superoxyde dismutase ou l'acétylcholinestérase (**Hassanpour et Ghanbarzadeh, 2021**).

Concernant ses propriétés antimicrobiennes, la camomille présente une action notable contre un large éventail de bactéries, qu'elles soient Gram positif ou Gram négatif. Elle est également efficace contre certaines souches résistantes aux antibiotiques, comme le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (MRSA) et le *Pseudomonas aeruginosa* multirésistant (**Owlia et al., 2007 ; Poudineh et al., 2021**). Cependant, il est essentiel de préciser que cette activité peut fluctuer en fonction de divers paramètres, tels que la provenance géographique de la plante, la portion employée, le genre de solvant ou encore la technique d'extraction (**Höferl et al., 2020**).

Outre ses principales caractéristiques, *M. chamomilla* a aussi des propriétés antiparasitaires et insecticides (**Höferl et al., 2020 ; Al-Mekhlafi et al., 2021**), antidiabétiques (**VillaRodriguez et al., 2018**), ainsi qu'un potentiel anticancéreux prometteur (**Dadashpour et al., 2018**). Les caractéristiques anti-inflammatoires ont également été largement documentées (**Asadi et al., 2020**), offrant ainsi son attrait thérapeutique dans divers domaines.

De plus, divers travaux ont démontré son efficacité dans la gestion de différentes affections telles que les troubles neurologiques (**Neves et al., 2009**), reproductifs (**Afrigan et al., 2019**), cardiovasculaires (**Awaad et al., 2018**), digestifs (**Franco et al., 2018**), oculaires (**MoralesBozo et al., 2017**) et bucco-dentaires (**Petrakou et al., 2020**). On l'utilise aussi pour faciliter la guérison (**Niknam et al., 2021**), apaiser la douleur (**Zargaran et al., 2018**), ainsi que pour défendre le foie, les reins et le système digestif (**Ali et Alattar, 2018 ; Živković et al., 2020**).

1.5. Utilisation traditionnelle de La camomille

La camomille est reconnue pour ses propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antiseptiques et antispasmodiques. Elle est particulièrement recommandée chez les individus hypersensibles, présentant des difficultés d'adaptation et chez lesquels des troubles émotionnels peuvent s'exprimer sous forme d'affections cutanées (**Mourice, 2013**).

Elle contribue également à réduire l'anxiété ainsi que certaines douleurs, notamment dentaires et articulaires. Sur le plan digestif, elle est utilisée pour soulager divers troubles tels que l'indigestion, la constipation et la diarrhée.

En usage externe, la camomille romaine est fréquemment employée pour ses effets apaisants et antiprurigineux, notamment dans le traitement des démangeaisons et des douleurs pharyngées. Par ailleurs, elle occupe une place importante en cosmétologie, en particulier dans la formulation de shampoings éclaircissants (**Vidal, 2010**).

1.6. Utilisation pharmacologique

La camomille est une plante médicinale largement appréciée à travers le monde pour ses multiples vertus curatives. Elle détient une position significative dans la pharmacopée et est parfois vue comme une « plante de référence » parmi les espèces à visée médicinale (**Upadhyay et al., 2016**).

Elle a divers effets pharmacologiques, y compris des actions anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antiseptiques et antispasmodiques, ainsi qu'un effet sédatif. Elle manifeste aussi une action hypoglycémiante. La camomille, grâce à ses nombreuses caractéristiques, est très prise et efficacement employée dans le secteur pharmaceutique ainsi que dans la production de produits aromatiques et parfumés (**Chauhan et al., 2022**).

Caractéristiques organoleptiques

Sur le plan organoleptique, elle a une saveur spécifique, qui est à la fois douce et légèrement amère. Dans le domaine de l'aromathérapie énergétique, cette plante est fréquemment décrite comme possédant une action légèrement chauffante et desséchante.

D'un point de vue pharmacologique, elle interfère avec divers systèmes du corps. Elle agit principalement sur le système digestif, notamment dans certaines affections associées aux

menstruations. Elle a également un effet sur le système nerveux, ce qui justifie son utilisation dans

différentes situations de tension. Elle peut atténuer également les douleurs liées à l'arthrite et renforce le système immunitaire.

De plus, la camomille possède une propriété antimigraineuse due à son influence sur les neuromédiateurs et la régulation des vaisseaux. Elle est également réputée pour ses propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes, et possède un potentiel dans la lutte contre le cancer.

Plus, elle démontre également une action contre l'hyperglycémie (**Hajjaj, 2017**).

Chapitre II

Généralités sur le yaourt étuvé

1 Définition du yaourt

Conformément aux normes du Codex Alimentarius (Codex STAN 243-2003, révisions 2019–2023) et aux recommandations conjointes FAO/OMS, le yaourt est défini comme un produit laitier fermenté obtenu par coagulation du lait résultant d'une fermentation lactique exclusivement conduite par l'association symbiotique de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

La matière première utilisée correspond au lait de différentes origines (bovin principalement), pouvant être standardisé, entier, partiellement écrémé ou écrémé, et éventuellement soumis à des procédés physiques tels que la concentration ou l'enrichissement en matière sèche laitière. L'ajout d'ingrédients laitiers dérivés (poudre de lait, protéines sériques, caséines) est autorisé dans le cadre des limites définies par les normes internationales en vigueur (**Codex Alimentarius, 2023 ; FAO/WHO, 2022**).

Le produit fermenté doit contenir une flore spécifique vivante et active au moment de la

Commercialisation, avec une concentration minimale réglementaire de 10^7 unités formant colonies (UFC) par gramme. Cette viabilité microbienne doit être maintenue jusqu'à la date limite de consommation, conformément aux exigences de la Fédération Internationale du Lait (**IDF Bulletin, 2021**). Certains cadres réglementaires nationaux autorisent un traitement thermique post-fermentation destiné à prolonger la durée de conservation, cependant cette pratique est déconseillée au regard de son impact sur la destruction de la flore vivante et la modification des caractéristiques fonctionnelles du produit (**IDF, 2021**).

Sur le plan physico-chimique, le yaourt doit présenter une acidité titrable minimale équivalente à 0,8 g d'acide lactique pour 100 g de produit, avec une valeur moyenne recommandée de 0,7 %, et un pH généralement inférieur à 4,6, conformément aux référentiels internationaux et aux adaptations nationales (**Codex Alimentarius, 2023 ; FAO/WHO, 2022**).

La dénomination « yaourt » est strictement réservée aux produits obtenus exclusivement par fermentation simultanée des deux ferments caractéristiques précités, excluant toute autre souche microbienne principale dans le processus de fermentation (**Luquet et Carrieu, 2005 ; Codex Alimentarius, 2023**).

Concernant la composition, des ingrédients non laitiers peuvent être incorporés (fruits, céréales, légumes, sucres et dérivés), sous réserve que leur proportion ne dépasse pas 30 % du produit fini,

conformément aux lignes directrices du Codex Alimentarius et de la F.I.L. (**Codex Alimentarius, 2023**). La teneur en matière grasse permet également une classification technologique du produit : yaourt standard ($< 3\%$), yaourt

partiellement écrémé ($0,5\text{--}3\%$) et yaourt écrémé ($\approx 0,5\%$). La teneur moyenne en protéines du produit fini est d'environ $2,8\%$, selon les référentiels technologiques de la filière laitière (IDF, 2021).

On distingue deux grandes catégories de yaourts selon le procédé de fabrication :

Les yaourts fermes sont obtenus lorsque la fermentation lactique se réalise directement dans les pots destinés à la vente. Autrement dit, le laitensemencé est versé dans les contenants puis incubé jusqu'à la formation du gel. Ce procédé permet de conserver une structure compacte et non perturbée. Ils sont généralement commercialisés sous forme nature ou aromatisée.

Les yaourts brassés, en revanche, subissent leur fermentation en cuves. Une fois la coagulation obtenue, le gel formé est brassé afin de modifier sa structure et d'obtenir une texture plus souple et homogène, avant d'être conditionné. Ce type comprend le plus souvent des yaourts nature ou additionnés de fruits (**Luquet et Carrieu, 2005**).

Les Yaourts à boire : leur texture est liquide (**Pacikora, 2004**).

1. Matières utilisées pour la production du yaourt

1.1 Lait frais

Le lait de vache constitue la matière première essentielle dans la fabrication des yaourts. Sa composition moyenne est d'environ 88% d'eau et 12% de matière sèche, cette dernière regroupant principalement des glucides (notamment le lactose), des protéines, des lipides ainsi que des sels minéraux (**Amellal-Chibane, 2008**).

Sur le plan nutritionnel, le lait est reconnu pour sa valeur élevée. Il fait partie des rares denrées alimentaires présentant un apport relativement équilibré en macronutriments fondamentaux, à savoir les glucides, les lipides et les protéides. De plus, il convient à toutes les catégories d'âge — nourrissons, enfants, adolescents, adultes et personnes âgées — et peut être consommé aussi bien à l'état liquide (lait frais) que sous forme de produits dérivés tels que le fromage, le yaourt ou encore les crèmes glacées.

Avec une valeur énergétique avoisinant 700 kcal par litre, le lait issu de différentes espèces animales représente une source accessible d'acides aminés essentiels, d'acides gras indispensables et de calcium alimentaire. Il renferme également des quantités appréciables d'autres minéraux, notamment le phosphore et le magnésium, ainsi que des vitamines hydrosolubles du groupe B (B1, B2, B5 et B12) et de la vitamine A.

Afin de satisfaire la demande nutritionnelle, le lait bovin demeure le plus exploité à l'échelle mondiale ainsi qu'au niveau national. Les lait provenant d'autres espèces telles que les ovins, les caprins et les camelins contribuent à la production globale dans des proportions plus modestes, ne dépassant généralement pas 10 %.

1.2 La poudre de lait

En Algérie, l'industrie laitière repose majoritairement sur des matières premières importées, principalement la poudre de lait et la matière grasse laitière anhydre. D'un point de vue technologique, ce secteur fonctionne essentiellement selon un procédé dit de « recombinaison », qui consiste à réhydrater la poudre de lait puis à y incorporer de la matière grasse afin de reconstituer un lait destiné à la transformation (Amellal, 2000).

La poudre de lait correspond à la fraction sèche du lait dont l'humidité résiduelle est très faible, généralement comprise entre 2 et 5 %. Cette faible teneur en eau lui confère une bonne stabilité, facilitant ainsi son stockage et son transport. Elle est largement utilisée, après recombinaison, comme matière première dans la fabrication de divers produits laitiers tels que les fromages, les laits fermentés et les crèmes glacées.

Sur le plan technologique, les poudres de lait disponibles sur le marché sont classées en trois catégories selon l'intensité du traitement thermique appliqué lors de la déshydratation, traitement qui influence le degré de dénaturation des protéines. Ce dernier est évalué à l'aide de l'indice d'azote protéique, exprimé en milligrammes de protéines sériques non dénaturées par gramme de poudre.

Les poudres obtenues par un traitement thermique faible (« low heat », indice ≥ 6) présentent un taux réduit de protéines dénaturées. Elles sont particulièrement recherchées dans les applications où les propriétés fonctionnelles telles que la solubilité, la capacité de gélification et le pouvoir émulsifiant sont déterminantes. Considérées comme des poudres de qualité supérieure, elles conviennent aussi bien à la

préparation du lait de consommation qu'à la fabrication fromagère et à l'enrichissement des yaourts (Nozinck, 1982 ; Modler, 1985).

1.3. Eau

L'eau est un ingrédient essentiel pour tous les produits laitiers recomposés et reconstitués. Elle doit être buvable, de qualité supérieure, exempte de microorganismes et présentant un degré de dureté acceptable (Gosta, 1995).

1.4. Ferments lactiques du yaourt

Les deux bactéries utilisées dans la préparation de yaourt, ont pour rôle principale d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH 4,6) de façon à former un gel. Outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles assurent une saveur caractéristique due à la production des composés aromatiques et à la production d'exopolysaccharides (Sodini et Beal, 2012).

2.1 *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus est une cocci gram positif, anaérobie facultative, non mobile. On le trouve dans les laits fermentés et les fromages (Dellaglio et al., 1993 ; Roussel et al., 1994). C'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (Dellaglio et al., 1994). Elle est isolée exclusivement du lait et des produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variables ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C. Son métabolisme est du type homofermentaire (Lamoureux, 2000).

Le rôle fondamental de *Streptococcus thermophilus* réside dans la fermentation du lactose présent dans le lait, aboutissant principalement à la production d'acide lactique. Cette activité métabolique assure l'acidification du milieu et participe directement à la coagulation des protéines lactières.

Au-delà de son pouvoir acidifiant, cette bactérie contribue de manière significative aux propriétés rhéologiques des laits fermentés. En effet, la synthèse d'exopolysaccharides au cours de sa croissance entraîne une augmentation de la viscosité et améliore la texture finale du produit (Bergamairer, 2002).

3.2. *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus est un bacille à Gram positif, non mobile, non sporulé et à caractère microaérophile (Doleyres, 2003). Il s'agit d'une bactérie thermophile dont la croissance optimale se situe autour de 42 °C, température correspondant aux conditions d'étuvage du yaourt.

Son métabolisme est strictement fermentaire et de type homofermentaire, conduisant à la transformation des hexoses, notamment le lactose, en acide lactique comme produit final majoritaire. Cette activité acidifiante joue un rôle déterminant dans la coagulation des protéines laitières.

Par ailleurs, cette bactérie est particulièrement exigeante en certains minéraux, notamment le calcium et le magnésium, nécessaires à son développement. Elle intervient de manière essentielle dans l'élaboration des caractéristiques organoleptiques du yaourt — saveur, arôme et texture — tout en contribuant à sa qualité hygiénique par l'abaissement du pH et l'inhibition de la flore indésirable (Marty-Teyssset et Garel, 2000 ; 2000).

Les deux bactéries du levain du yaourt tolèrent de faibles concentrations en oxygène. En présence d'air, il peut se former du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) au sein des cellules. Or, le système enzymatique le plus performant pour dégrader ce composé est la catalase, enzyme dont les bactéries lactiques sont dépourvues.

Elles possèdent plutôt une peroxydase, dont l'efficacité est moindre. Cette capacité limitée à éliminer le peroxyde d'hydrogène explique leur caractère microaérophile (Doleyres, 2003).

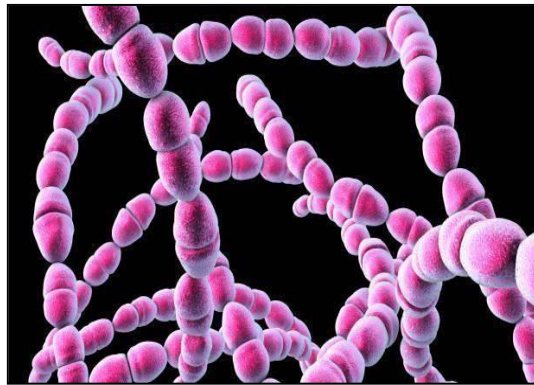


Figure 2 : *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, bactérie lactique du yaourt (Boubchir-Ladj, 2011).

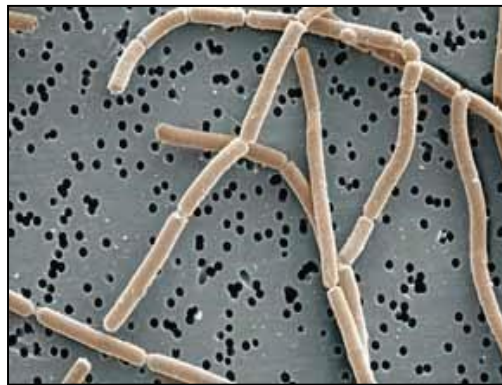


Figure 3 : *Streptococcus thermophilus*, bactérie lactique du yaourt (Boubchir-Ladj, 2011).

4 Technologie de fabrication du yaourt

4.1 Préparation du lait

La matière de base peut être du lait frais, du lait recombinaé (issu de lait en poudre maigre et de substance grasse laitière anhydre), du lait reconstitué (provenant de lait en poudre maigre), ou même une combinaison des deux. Quoi qu'il en soit, elle doit avoir une qualité microbiologique irréprochable, être dépourvue d'antibiotiques ou d'autres inhibiteurs et être parfaitement homogène (FAO, 2013).

4.2 Standardisation du mélange

La normalisation du mélange laitier sert non seulement à remédier aux fluctuations de la composition du lait, mais aussi à atteindre la composition souhaitée. On peut atteindre cette normalisation en intégrant des concentrés et des isolats de protéines sériques, de la poudre de lait écrémé ou entier, du lactose et de la crème selon le contenu souhaité en protéines, en solides totaux et en matières grasses (Nagaoka, 2019).

D'après le Code des principes FAO/OMS, la portion minimale de matière sèche non grasse présente dans les produits laitiers doit être de 8,2% (en termes de poids), indépendamment de leur teneur en matières grasses (FAO, 2013).

4.3 Homogénéisation

L'homogénéisation du lait vise plusieurs buts : elle renforce la consistance des gels formés lors de la fermentation, amplifie leur faculté de retenir l'eau et diminue la synérèse (Bankole et al., 2023).

Cette phase offre aussi l'occasion d'homogénéiser les différents ingrédients laitiers incorporés lors de la standardisation. L'homogénéisation entraîne également la création de nouvelles gouttelettes de globules de graisse entourées de caséines et de protéines sériques. Cela se traduit par une augmentation de la nature hydrophile des globules gras (Walstra et al., 2006).

4.4 Traitement thermique

Selon Tamime et Robinson (2007), la température de traitement thermique fréquemment employée se situe entre 90 et 95°C pour une durée de 3 à 5 minutes. Ce processus a de nombreux impacts sur la flore microbienne, ainsi que sur les caractéristiques physico-chimiques et fonctionnelles du lait. Tout d'abord, il garantit la sécurité du produit en éliminant les microorganismes nuisibles et non souhaités. Il crée un

environnement propice à la prolifération des bactéries lactiques, et désactive des inhibiteurs de croissance comme les lactopéroxydases et diverses enzymes telles que la lipase, qui est responsable de l'oxydation des lipides (Walstra et al., 2006).

Le chauffage a aussi une influence sur la structure tridimensionnelle des protéines, entraînant un changement de leurs caractéristiques fonctionnelles. La majorité des protéines du lactosérum (85%) est dénaturée, ce qui donne lieu à l'assemblage de la caséine κ et de la β -lactoglobuline par le biais d'un pont

disulfure (Zhang et al., 2024). De plus, le traitement thermique renforce la viscosité, la stabilité et la capacité de rétention d'eau du yaourt (Bankole et al., 2023).

Par ailleurs, le traitement thermique conduit à une production accrue d'acétaldéhyde, la substance qui donne l'arôme « yaourt » (Ozer et Atasoy, 2002). D'après Ichimura et al. (2023), une combinaison d'un traitement thermique intensifié (une température élevée même pour une courte durée, tel que 130 °C pendant 2 secondes) et d'une homogénéisation poussée favorise la création d'un réseau de caséine plus raffiné, la réalisation de globules gras plus petits, ce qui optimise l'incorporation des lipides dans le gel, diminue donc la synérèse et génère une texture plus soyeuse.

4.5 Fermentation lactique

Le lait enrichi et pasteurisé est refroidi à une température de fermentation, entre 40 et 45°C. Cette température est idéale pour le développement symbiotique des bactéries lactiques (Ziarno et al., 2023).

L'incubation s'effectue grâce à un levain contenant uniquement une ou plusieurs souches spécifiques de bactéries du yaourt : *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus*. Ces dernières sont introduites à hauteur de 2 à 5% dans le mélange laitier pour obtenir une population initiale d'environ 10^7 UFC/ml avec un ratio de 1:1 (Ge et al., 2023).

Il est essentiel de bien agiter le mélange de lait ferment pour assurer son homogénéité.

Le contrôle du pH final est crucial car les caractéristiques sensorielles (acidité, goût, texture) du produit terminé en dépendent. C'est pour cette raison que, lorsque le pH arrive à une valeur entre 4,7 et 4,3, un refroidissement est effectué pour arrêter la fermentation.

Effectivement, les bactéries lactiques voient leur activité restreinte à des températures inférieures à 10°C (Ayivi et al., 2022).

la durée de fermentation varie de 3 à 7 heures pour atteindre une acidité finale équivalente à 0,9 à 1,2% d'acide lactique (Clark et Plotka., 2004).

4.6 Conditionnement et stockage

Dans le processus de fabrication du Yaourt ferme, le lait inoculé est rapidement distribué dans des contenants (en verre ou en carton paraffiné en plastique) généralement d'une capacité de 12,5 cl. Pour les yaourts sucrés, aromatisés, aux fruits, à la confiture et autres, l'ajout d'additifs est effectué avant ou après le remplissage des pots (Tamime et Robinson, 2007).

Suite au capsulage (aluminium, carton paraffiné), l'incubation se prolonge approximativement de 2 à 3 heures. Les pots sont ensuite disposés dans une étuve pour favoriser la fermentation et atteindre un taux d'acidité

variant entre 0,75 (minimum) et environ 1 % d'acide lactique, soit entre 75 et 100° Dornic. À cette étape, le caillé doit être solide, homogène et exempt de toute exsudation de sérum (Tamime et Robinson, 2007).

4.7 Conservation et durée légale de conservation du yaourt

En fonction du niveau d'hygiène, de la qualité microbienne des ingrédients et des matières d'emballage, le yaourt a une durée de conservation d'environ trois semaines lorsqu'il est conservé au réfrigérateur. C'est toujours la méthode la plus courante pour réguler l'activité métabolique des ferments et leurs enzymes dans le yaourt pendant sa période de stockage (FAO, 2013).

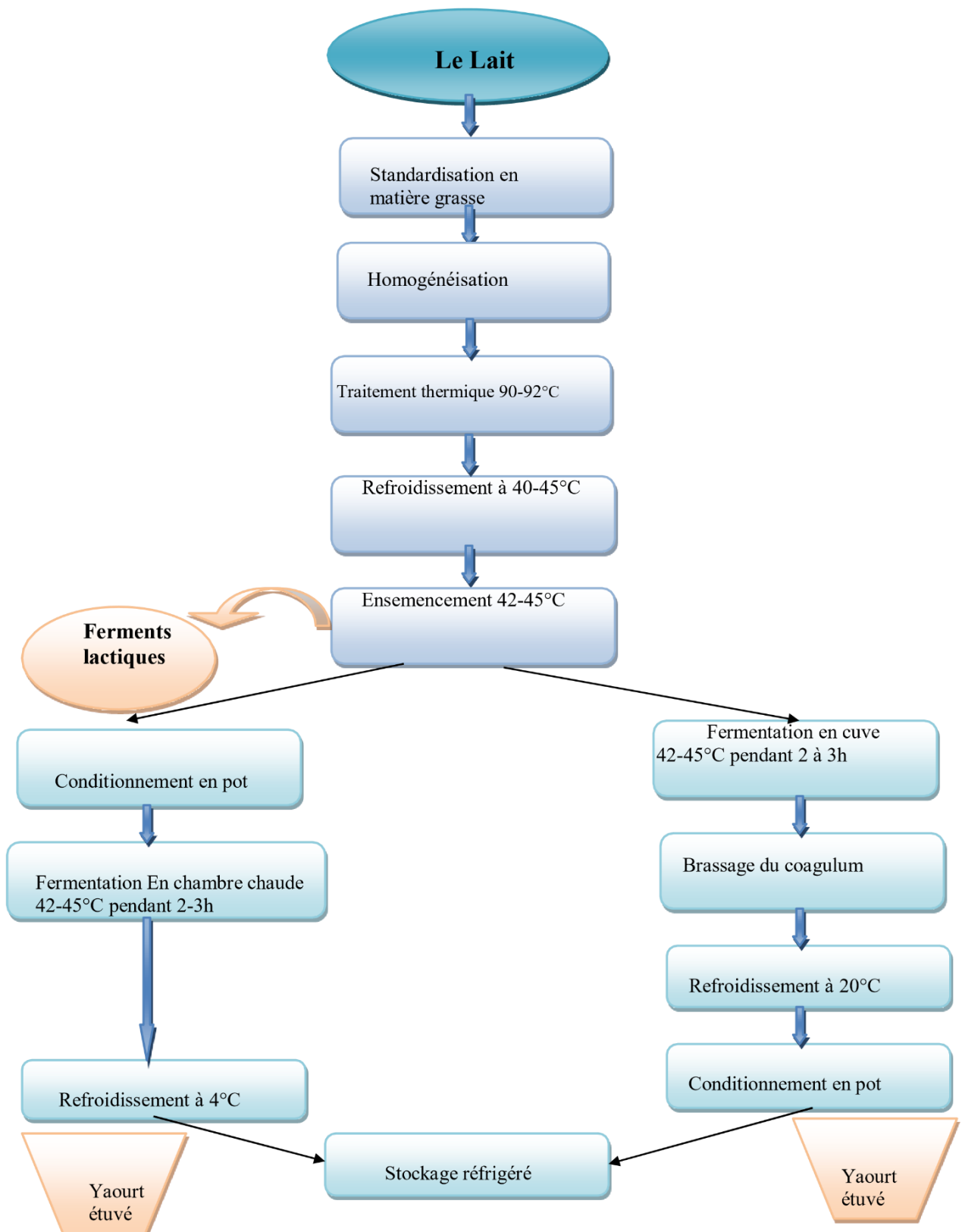


Figure4 :1Diagramme général de la fabrication de yaourt ferme et brassé (Béal & Sodini, 2008)

5. Qualité du yaourt

5.1 Qualité physico-chimique

L'effet de la post-acidification sur la qualité du yaourt est défavorable et réduit sa durée de conservation. Elle est étroitement liée à l'activité métabolique continue des lactobacilles lors de la conservation à 4° C (Li et al., 2024).

Le pH a un impact sur le goût et la consistance du produit, il représente donc la qualité du produit fini. Si la valeur de post-acidification est très faible, nous obtiendrons un yaourt fortement acide qui présente des problèmes de séparation d'eau (synérèse). À l'inverse, si elle est élevée, le goût sera altéré à cause d'une insuffisance d'acidité (Tamime et Robinson, 1999).

La synérèse, c'est-à-dire la séparation naturelle du petit lait à la surface du yaourt, est perçue comme un défaut. On peut diminuer ou supprimer ce problème en rehaussant le taux de solides du lait à 15%.

Durant la période de conservation, la consistance du yaourt tend à se réduire graduellement. Cette baisse est attribuée à l'accroissement de la durée de conservation (Hanif et al., 2012).

5.2 Qualité microbiologique du yaourt

La flore microbienne initiale du lait cru, les conditions de transformation et la contamination post-traitement thermique ont un impact sur la qualité microbiologique du lait et des produits laitiers. On parle généralement des psychrotrophes Gram négatives, des coliformes, des levures et des moisissures lorsqu'on évoque les microorganismes. De plus, on peut également retrouver différentes bactéries comme *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, les souches pathogènes d'*E. coli* ainsi que les souches entéro-toxinogènes de *Staphylococcus aureus* dans le lait et les produits laitiers. À l'heure actuelle, le contrôle et la surveillance stricts sont nécessaires pour gérer ces bactéries pathogènes (Weerathilake et al., 2014).

5.3 Qualité organoleptiques

5.3.1. fermeté

Il est crucial de maintenir une texture uniforme et une consistance constante tout au long du processus de fabrication. L'objectif principal de la production de yaourt est d'assurer une

conservation idéale. la fermeté du yaourt pourrait rester inchangée pendant sa période de conservation (Shakeel Hanif et al ,2012).

5.3.2. Arôme

Les éléments aromatiques qui participent au goût final du yaourt peuvent être classés en quatre catégories : les acides non volatils (lactique et pyruvique), les acides volatils (butyrique et acétique), les composés carbonyliques (acétaldéhyde et diacétyl) ainsi que d'autres divers composants (acides aminés et produits issus de la décomposition thermique) (Serra et al., 2009).

Il est recommandé de consommer le yaourt à environ 10°C. En dessous de cette température, le profil de la saveur n'est plus apprécié en raison du froid. On note que tous les éléments volatils présents dans le yaourt diminuent lors du stockage à moins de 8°C. Par ailleurs, au-delà de 10°C, le produit perd sa fraîcheur (Li et al., 2024).

5.3.3 Texture

Les variations de texture des yaourts sont dues à la nature du lait employé et à leurs différences en termes de composition. Effectivement, un niveau élevé de matière sèche totale accroît la consistance du gel et diminue le niveau de la synérèse (Hanif et al., 2012),

5.3.4 Goût

L'évolution de l'acidité, l'oxydation des graisses ou la protéolyse des protéines sont à l'origine de la diminution du goût du yaourt (Hanif et al., 2012). Les actions protéolytiques des bactéries lactiques pourraient engendrer certains effets indésirables sur le lait fermenté. Selon Bai et al. (2024), la majorité de la production de peptides amers est due à la protéolyse réalisée par *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus* durant le stockage.

6 Le yaourt et ses bienfaits

Lorsque le lait est converti en yaourt, divers bénéfices se manifestent (Healthline, 2023 ; WebMD, 2023).

- La digestibilité est améliorée grâce à l'hydrolyse partielle de la caséine.
- Le groupe B de vitamines, produit par les bactéries lactiques, peut constituer de 1 à 20% des apports vitaminiques.

- Le yaourt, par son acidité, facilite l'absorption de calcium et de fer au niveau intestinal.

-

-

- L'acide lactique, grâce à son pH, freine la croissance de micro-organismes nuisibles et offre une défense non seulement pour le yaourt lui-même, mais également pour le système digestif de l'utilisateur.

-Les bactéries appartenant au genre *Lactobacillus* produisent du peroxyde d'hydrogène antiseptique qui pourrait être efficace in vivo.

-***Streptococcus thermophilus*** a la capacité de bloquer l'installation de diverses bactéries nuisibles dans l'intestin, comme les salmonelles et les colibacilles.

-La flore présente dans le yaourt a un impact positif sur certains processus immunitaires du tractus digestif.

-Des vitamines telles que l'acide folique sont partiellement absorbées par les ferments, tandis que d'autres sont produites, et ces effets dépendent des souches bactériennes. Le chauffage et l'exposition à l'oxygène réduisent la quantité de vitamines sensibles, comme C et B1, mais leur conservation est facilitée par un pH acide.

Méthodologie

Objectif de travail

Cette recherche vise à analyser l'impact des extraits polyphénols bioactifs issus de camomille sur les propriétés physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques d'un yaourt étuvé.

Pour atteindre cet objectif, la méthodologie utilisée se résume de la manière suivante :

▣Elaboration d'extraits phénoliques à partir de la camomille

▣Mesure des polyphénols totaux à partir des extraits réalisés.

▣Évaluation de l'activité antioxydante des extraits phénoliques.

▣Intégration de composés phénoliques dans un lait fermenté semblable au yaourt étuvé, et étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles de ce dernier.

1Lieu de l'étude

Cette présente étude a été effectuée au laboratoire pédagogique de Faculté des Sciences et de la Technologie Département des Sciences de la Nature et de la Vie de Tissemsilt

2. Préparation du matériel végétal

Les capitules floraux (fleurs) de camomille ont été récoltés à maturité dans une zone de culture située à [la région d'Amari, wilaya de Tissemsilt]. Les échantillons ont été sélectionnés manuellement afin d'éliminer les parties altérées ou présentant des signes de contamination.

2.1. Lavage

Après la récolte, les fleurs ont été soigneusement lavées à l'eau distillée afin d'éliminer les poussières et les impuretés superficielles.

2.2. Séchage

Les fleurs ont ensuite été séchées à l'abri de la lumière, dans un endroit aéré pendant 15 jours, jusqu'à obtention d'un poids constant. Le séchage a été poursuivi en étuve à une température ne dépassant pas 40 °C afin de préserver les composés bioactifs.

Méthodologie

2.3. Broyage

Les échantillons séchés ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre fine et homogène. Cette poudre a été conservée dans des récipients hermétiques à l'abri de l'humidité et de la lumière jusqu'à son utilisation.



Figure5 : fleurs de camomille après broyage

2.4 Préparation de l'extrait hydro-éthanolique

L'extraction des composés bioactifs a été réalisée par macération dans un mélange hydro-éthanolique à 70 % (v/v). Une masse de 20 g de poudre de camomille a été mise en contact avec 200 mL de solvant hydro-éthanolique.

Le mélange a été maintenu sous agitation à température ambiante pendant 24 heures. À la fin de la macération, l'extrait a été filtré à l'aide d'un papier filtre afin d'éliminer les résidus végétaux.

Le filtrat obtenu a ensuite été concentré par évaporation du solvant à 40 °C. L'extrait brut ainsi obtenu a été conservé à 4 °C jusqu'à son utilisation pour le dosage des polyphénols totaux, l'estimation de l'activité antioxydante et l'incorporation dans le lait fermenté de type yaourt étuvé

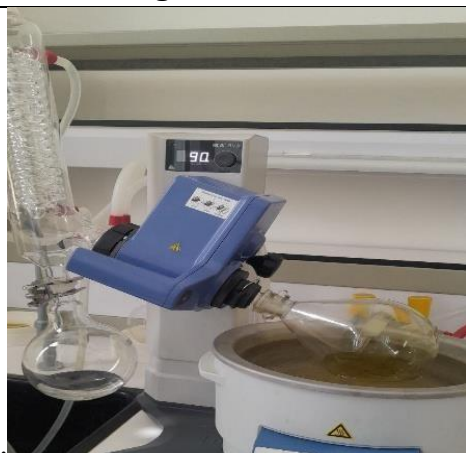


Figure 6 : Evaporateur rotatif pour récupération d'extrait hydro-éthanolique

3. Rendement d'extraction

Le rendement se réfère au pourcentage de la masse de l'extrait récupéré suite à l'évaporation du solvant par rapport à la masse initiale de la plante soumise à l'extraction. La formule ciaprès est utilisée pour estimer le rendement d'extraction.

$\text{Rendement d'extraction (\%)} = (M / M_0) \times 100$ R (%) : rendement en pourcentage.

M : poids en gramme de l'extrait sec résultant (g).

M₀ : poids en gramme du matériel végétal de départ (g) (**Cheurfa et al., 2020**).

3.1 Dosage de la teneur en polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée selon la méthode colorimétrique de Folin–Ciocalteu, conformément à la norme ISO 14502-1 et à la méthode décrite par Singleton et Rossi (1965).

Réactifs

Le réactif de Folin–Ciocalteu (commercial) a été utilisé après dilution au dixième (1:10, v/v) avec de l'eau distillée. Une solution de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à 7,5 % (m/v) a été préparée en dissolvant 7,5 g dans 100 mL d'eau distillée. L'acide gallique a été utilisé comme standard de référence.

Préparation de la courbe d'étalonnage

Une solution mère d'acide gallique (1 mg/mL) a été préparée en dissolvant 100 mg d'acide gallique dans

Méthodologie

100 mL d'eau distillée. Une gamme d'étalonnage a été réalisée aux concentrations de 0, 20, 40, 60, 80 et 100 µg/mL. La courbe d'étalonnage a été obtenue en traçant l'absorbance en fonction de la concentration en acide gallique, avec un coefficient de corrélation (R^2) supérieur à 0,99, indiquant une excellente linéarité du modèle.

Procédure expérimentale

Un volume de 0,5 mL d'échantillon a été mélangé à 2,5 mL de réactif de Folin–Ciocalteu dilué (1:10). Après 5 minutes de réaction à température ambiante, 2 mL de solution de Na_2CO_3 (7,5 %, m/v) ont été ajoutés. Le mélange a été incubé pendant 30 minutes à température ambiante, à l'abri de la lumière. L'absorbance a été mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Biowave II, WPA, Royaume-Uni), équipé du logiciel version 7121 V1.7.0.

Toutes les analyses ont été réalisées en triplicat ($n = 3$), et les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne $\pm$ écart-type, en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait sec d'échantillon (mg EAG/g).

3.2.Évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH

L'activité antioxydante des échantillons a été évaluée selon la méthode du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), décrite par Brand-Williams et al. (1995), basée sur la capacité des antioxydants à piéger les radicaux libres.

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) a été utilisé comme agent radicalaire. Le méthanol (qualité analytique) a servi de solvant. L'acide ascorbique a été utilisé comme standard de référence. Toutes les solutions ont été préparées avec de l'eau distillée.

Une solution de DPPH (0,1 mM) a été préparée en dissolvant 3,94 mg de DPPH dans 100 mL de méthanol, puis conservée à l'abri de la lumière. Une solution mère d'acide ascorbique (1 mM) a été obtenue en dissolvant 25 mg dans 100 mL de méthanol. Une gamme d'étalonnage a été préparée aux concentrations de 0, 50, 100, 150 et 200 µM.

Procédure expérimentale

Un volume de 0,1 mL d'échantillon a été ajouté à 3,9 mL de solution de DPPH (0,1 mM). Le mélange a été homogénéisé puis incubé pendant 30 minutes à température ambiante, à l'obscurité. L'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Biowave II,

Méthodologie

WPA, UK), équipé du logiciel version 7121 V1.7.0. Le méthanol a servi de blanc, et le témoin (A_0) correspond à la solution de DPPH sans échantillon.

Toutes les analyses ont été réalisées en triplicat ($n = 3$) et les résultats ont été exprimés en moyenne $\pm$ écart-type. L'activité de neutralisation du radical DPPH a été calculée selon l'équation suivante :

% inhibition = $[(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$, où A_0 est l'absorbance du témoin et A_1 celle de l'échantillon.

La valeur de l' IC_{50} a été déterminée à partir de la courbe représentant le pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration de l'extrait. L' IC_{50} correspond à la concentration nécessaire pour inhiber 50 % du radical DPPH, obtenue par interpolation à partir de la courbe doseréponse. Elle est inversement corrélée à l'activité antioxydante. Ainsi, une valeur faible d' IC_{50} traduit une forte capacité de piégeage des radicaux libres.

Une courbe de référence a été établie à l'aide de l'acide ascorbique afin de comparer l'activité antioxydante des extraits.

4.1 Préparation des dilutions des extraits

Un extrait hydro-éthanolique des fleurs de camomille a servi à préparer une série de dilutions dans l'eau physiologique stérile à 0,9%, à savoir 2,5 et 5 et 10% (voir Tableau 04).

Tableau 1 : préparation des différentes dilutions des extraits de camomille

Dilutions (%)	Extrait hydro-éthanolique	Eau physiologique stérile
2,5%	2,5ml	7,5ml
5%	5ml	5ml
10%	10ml	0ml

4.2 Préparation du yaourt étuvé enrichi d'extraits phénoliques de grains de fenouil :

4.2.1 Préparation du levain

Le levain a été élaboré par l'inoculation de 200 mL de lait écrémé UHT avec 0,15 g de ferment mixte lyophilisé (CHR HANSEN, YF-L812), lequel renferme une proportion équivalente de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, dans un rapport de 1:1. Suite à une incubation d'une heure à 43,7 °C, le levain a été immédiatement rafraîchi puis stocké à 4 °C en attendant son utilisation.



Figure 07 : Préparation du levain

4.2.2 Technologie de fabrication de yaourt et incorporation des extraits de camomille

Le lait expérimental (100 ml) est inoculé de manière aseptique avec 3 % d'un levain symbiotique équilibré, composé de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Des extraits de camomille sont ensuite incorporés en fonction de diverses concentrations : 0, 2.5, 5 et 10 %. Les récipients, soigneusement scellés hermétiquement à l'aide 6 °C afin d'interrompre le processus de fermentation, puis conservés à cette température durant les 21 jours consacrés au suivi de la post-acidification.

Méthodologie

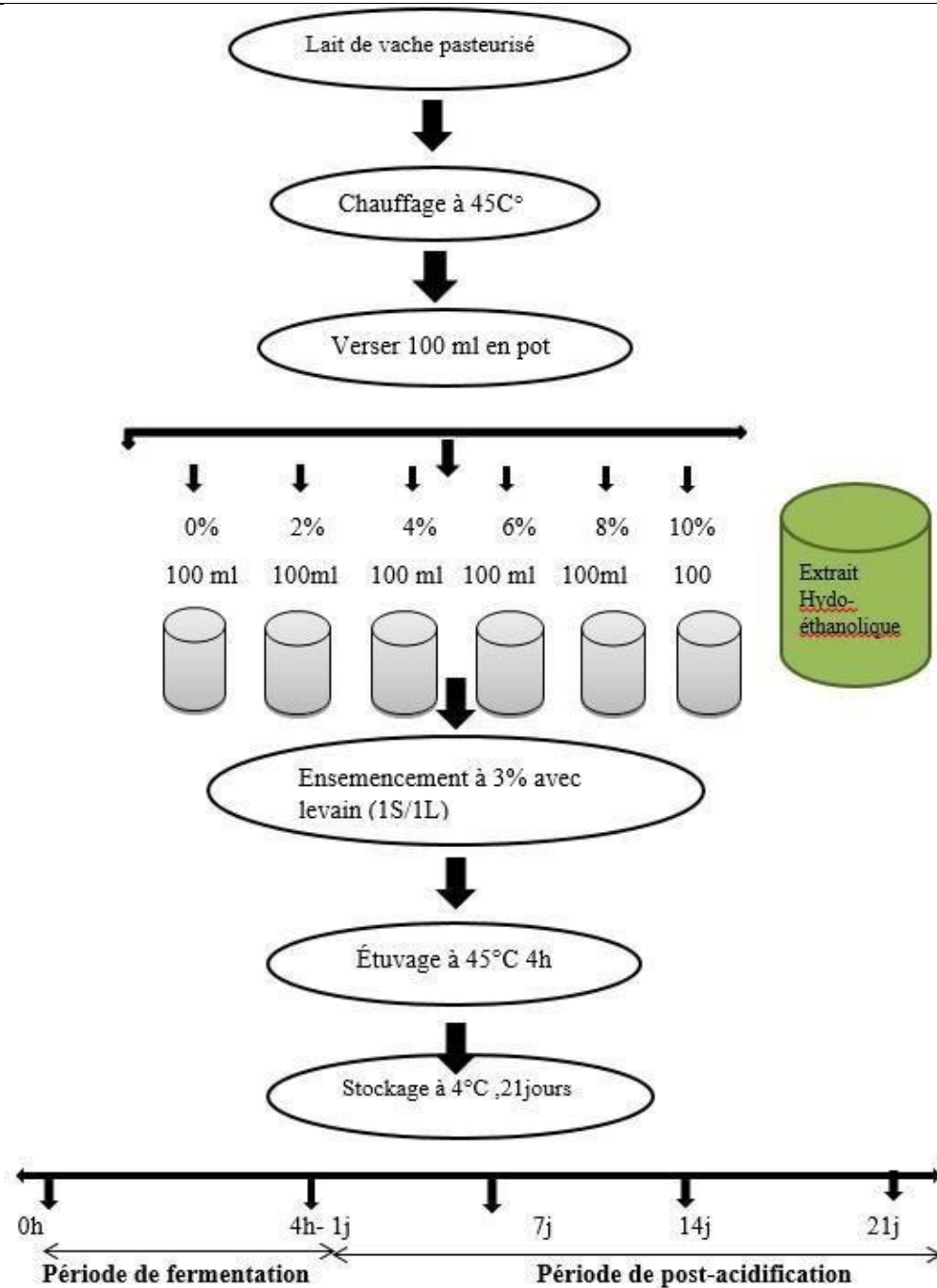


Figure 08: Diagramme de fabrication de yaourts expérimentaux additionnés d'extraits de camomille



Figure 9 : Etuvage des yaourts en étuve à température contrôlée

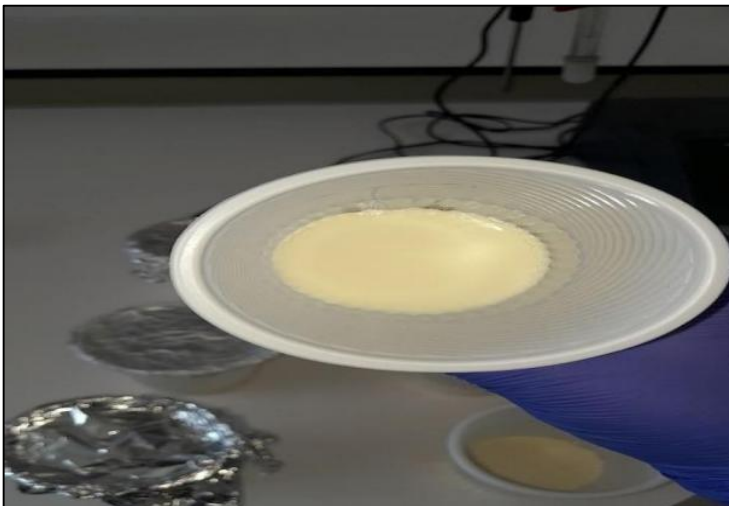


Figure 10 : Yaourt préparé à l'issue du procédé de fabrication

5. Analyses physico-chimiques

5.1 Mesure de pH

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre étalonné. La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil (AFNOR, 1986).



Figure 11 : PH mètre

5.2 Mesure de l'acidité Dornic

Cette analyse vise à quantifier l'acide lactique présent dans le yaourt à l'aide de la soude NaOH, en présence d'un indicateur coloré de pH. La valeur normale de l'acidité du yaourt se situe entre 75 et 100°D.

La détermination de l'acidité titrable des yaourts a été réalisée en suivant les méthodes de l'AOAC, (2000). L'acidité, exprimée en degrés °D, a été déterminée par le biais d'un titrage de 10 mL d'un échantillon de yaourt soigneusement homogénéisé, à l'aide d'une solution de soude (NaOH) à une concentration de 1/9 N. Un certain nombre de gouttes de phénolphtaléine ont été incorporées en tant qu'indicateur afin de permettre la visualisation du point d'équivalence.

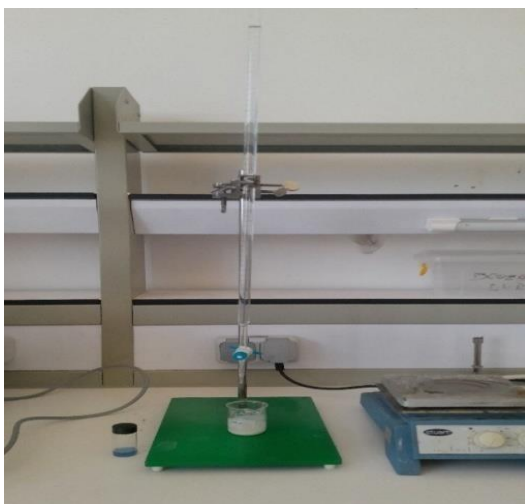


Figure 12 : Titration de l'acidité

6. Analyses microbiologiques du yaourt

6.1 Dilution en cascade

Pour examiner la microflore du yaourt, des dilutions en série au dixième ont été effectuées. Suite à une agitation énergique de l'échantillon afin d'assurer son homogénéité et sa liquéfaction, un prélèvement aseptique de 1 mL de yaourt a été effectué, puis introduit dans un tube contenant 9 mL d'eau physiologique stérile pour procéder à la dilution. Cette procédure a été effectuée à plusieurs reprises sous hotte jusqu'à l'obtention de la dilution.

Méthodologie

6.2 Dénombrement de la flore lactique

Streptococcus thermophilus

La quantification des micro-organismes a été effectuée par la mise en culture d'une dilution sur un milieu sélectif « M17 » incubateur à 42°C durant 48 heures.

Lactobacillus bulgaricus

Le dénombrement des micro-organismes a été effectué en procédant à une culture d'une dilution sur un milieu sélectif « MRS », incubé à 42°C pendant une durée de 48 à 72 heures.



Fugire 13 : Ensemement des boîtes de pétri

7. Test organoleptique

Le test d'acceptation a été fixé sur le lait fermenté au (12^{ème} jour). Les membres du jury ont été sélectionnés pour être aussi représentatifs que possible (en tenant compte du niveau de vie, de la culture, de l'âge et du sexe). On demande aux membres du panel d'évaluer les critères du produit suivant :

6.1 Couleur

Apparence du yaourt (blanc, uniformité, absence de teinte inhabituelle)

6.2 Acidité

Goût acide en bouche, qui indique une fermentation lactique. Elle doit être récente, plaisante, ni irritante ni trop douce Texture.

Méthodologie

6.3 Odeur

Arôme perçu par l'olfaction (odeur laitière fraîche, légèrement acide). Elle doit être plaisante, sans aucune note âcre ou étrangère.

6.4 Goût

L'impression générale du produit, mélange de l'acidité, du sucre potentiellement présent et d'arômes secondaires (laité, crémeux).

Texture Sensations en bouche (velouté, crémeux, absence de morceaux ou de grains). Une texture idéale est lisse, uniforme et qui fond en bouche.

6.5 Consistance

État général du yaourt (solide, semi-solide ou liquide). Elle doit être uniforme et appropriée au genre de yaourt (nature, ferme ou brassé).

6.6 Appréciation globale

Jugement global qui englobe tous les critères mentionnés ci-dessus, et qui reflète l'acceptabilité sensorielle.



Figure 1 4 : Test de dégustation de l'évaluation organoleptique

Toutes les expérimentations ont été effectuées en trois répétitions. L'analyse statistique des données microbiologiques et physico-chimiques a été réalisée à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA), suivie d'un test T, en utilisant le programme logiciel IBM SPSS® (version 20). Les résultats sont présentés comme une moyenne avec une déviation standard, en tenant compte d'un niveau de signification établi à $p < 0,05$.

Dans le cadre de l'évaluation sensorielle, nous avons utilisé le test non paramétrique de Friedman pour comparer les notations du panel et identifier les différences significatives entre les caractéristiques organoleptiques des différentes formulations.

Résultats Et Discussion

1. Rendement d'extraction des composés phénoliques totaux

Le rendement d'extraction des polyphénols de *Matricaria chamomilla* obtenu avec l'extrait hydroéthanolique est de 32 %, ce qui indique une efficacité d'extraction globalement satisfaisante. Ce résultat traduit la capacité du solvant hydro-éthanolique à solubiliser une proportion importante des composés bioactifs présents dans la matrice végétale.

Cette efficacité s'explique par l'intérêt des mélanges eau-éthanol, dont la polarité intermédiaire favorise l'extraction d'une large gamme de composés phénoliques en améliorant la diffusion du solvant et la rupture des structures cellulaires végétales (**Dai et Mumper, 2010 ; Azmir et al., 2013**). Les rendements obtenus pour les extraits de plantes médicinales utilisant ce type de solvant se situent généralement entre 20 % et 40 %, selon les conditions d'extraction et la nature du matériel végétal, ce qui rend la valeur observée cohérente avec la littérature (**Azmir et al., 2013**).

Par ailleurs, ce rendement ne reflète pas uniquement les polyphénols, mais également d'autres composés coextraits, ce qui est classique dans les extraits bruts. Ainsi, la valeur de 32 % confirme surtout l'efficacité globale du procédé d'extraction appliqué à la camomille, plante reconnue pour sa richesse en métabolites secondaires à activité biologique (**McKay et Blumberg, 2006**).

2. Teneur en composés phénoliques totaux

La teneur en composés phénoliques totaux (CPT) obtenue dans l'extrait hydro-éthanolique des grains de camomille est de 35,4 mg équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g). Ce résultat traduit une richesse appréciable en métabolites phénoliques, une famille de composés secondaires largement reconnue pour ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes ainsi que pour son rôle dans la protection des végétaux contre les stress biotiques et abiotiques (**Dai et Mumper, 2010 ; Shahidi et Ambigaipalan, 2015 ; Tungmunthum et al., 2018**).

D'un point de vue interprétatif, cette valeur peut être considérée comme modérée à relativement élevée par rapport aux données disponibles dans la littérature, tout en tenant compte des différences liées à l'organe végétal étudié, à l'origine géographique de la plante, au stade de maturité ainsi qu'aux conditions d'extraction (**Khoddami et al., 2013 ; Tungmunthum et al., 2018**). En effet, les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont la répartition au sein de la plante est très variable. Chez la camomille

(*Matricaria chamomilla* L.), les fleurs constituent généralement l'organe le plus riche en polyphénols, notamment en flavonoïdes tels que l'apigénine, la lutéoline et la quercétine, alors que les graines renferment des quantités plus modestes de ces composés (**McKay et Blumberg, 2006 ; Srivastava et al., 2010 ; Singh et al., 2011**). Malgré cela, la valeur obtenue dans cette étude demeure significative et témoigne d'une extraction efficace des composés phénoliques présents dans les graines.

Par ailleurs, plusieurs travaux consacrés à la caractérisation phytochimique de la camomille ont rapporté des teneurs en polyphénols totaux variant généralement entre 20 et 60 mg EAG/g d'extrait selon la partie végétale analysée, le solvant utilisé et la méthode d'extraction appliquée (**McKay et Blumberg, 2006 ; Srivastava et al., 2010 ; Roby et al., 2013**). Ainsi, la valeur de 35,4 mg EAG/g se situe dans une fourchette intermédiaire cohérente avec les résultats observés pour les extraits hydro-alcooliques de cette plante médicinale, confirmant l'intérêt phytochimique des graines de camomille.

L'utilisation d'un solvant hydro-éthanolique peut expliquer en partie ce rendement. En effet, les mélanges eau-éthanol sont largement reconnus comme étant parmi les systèmes extractifs les plus performants pour l'extraction des polyphénols, grâce à leur capacité à solubiliser simultanément des composés de polarité variable, notamment les flavonoïdes, les tanins et les acides phénoliques (**Do et al., 2014 ; Dai et Mumper, 2010**). Cette complémentarité entre l'eau et l'éthanol favorise généralement une meilleure récupération des composés bioactifs par rapport à l'utilisation de solvants purs.

Sur le plan fonctionnel, une telle teneur en composés phénoliques suggère un potentiel antioxydant intéressant. Les polyphénols sont en effet capables de neutraliser les espèces réactives de l'oxygène, de piéger les radicaux libres et de limiter les réactions d'oxydation impliquées dans l'altération des biomolécules et des aliments (Rice-Evans et al., 1997 ; Shahidi et Ambigaipalan, 2015). De nombreuses études ont d'ailleurs démontré l'existence d'une corrélation positive entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits végétaux (Dai et Mumper, 2010 ; Khoddami et al., 2013). De ce fait, l'extrait étudié pourrait présenter un intérêt potentiel dans les domaines alimentaire, pharmaceutique et cosmétique en tant que source naturelle d'antioxydants.

Résultats du pouvoir antioxydant Test au DPPH

Résultats du pouvoir antioxydant -Test au DPPH

L'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait hydro-éthanolique des graines de *Matricaria chamomilla* par le test du DPPH a révélé une valeur d'IC₅₀ de 59 µg/mL, tandis que l'acide ascorbique, utilisé comme antioxydant de référence, a présenté une IC₅₀ de 21,78 µg/mL. Étant donné que l'activité antiradicalaire est inversement proportionnelle à la valeur de l'IC₅₀, ces résultats indiquent que l'extrait possède une capacité appréciable à piéger les radicaux libres, bien qu'elle demeure inférieure à celle de l'acide ascorbique.

Cette activité antioxydante peut être attribuée à la présence de composés phénoliques et flavonoïques dans les graines de camomille. Ces métabolites secondaires sont capables de céder un électron ou un atome d'hydrogène aux radicaux libres, interrompant ainsi les réactions de peroxydation et limitant les dommages oxydatifs au niveau cellulaire (**Pisoschi et Negulescu, 2011 ; Shahidi et Ambigaipalan, 2015**).

La valeur obtenue est cohérente avec les travaux rapportés dans la littérature concernant les extraits de *M. chamomilla*. Plusieurs études ont démontré que les extraits hydroalcooliques de cette espèce possèdent une activité antioxydante significative liée à leur richesse en acides phénoliques (acide caféique, acide l'orogénique) et en flavonoïdes tels que l'apigénine, la lutéoline et la quercétine (**McKay et Blumberg, 2006 ; Srivastava et al., 2010**). Les différences observées entre les valeurs d'IC₅₀ rapportées dans les diverses études peuvent être expliquées par plusieurs facteurs, notamment la partie végétale utilisée (fleurs, feuilles ou graines), les conditions de culture, l'origine géographique de la plante, ainsi que la nature du solvant d'extraction et les paramètres expérimentaux employés (**Dai et Mumper, 2010**).

Selon la classification proposée par certains auteurs, les extraits végétaux présentant une IC₅₀ inférieure à 50 µg/mL sont considérés comme fortement antioxydants, tandis que ceux dont l'IC₅₀ se situe entre 50 et 100 µg/mL possèdent une activité modérée. Ainsi, la valeur de 59 µg/mL obtenue dans cette étude permet de classer l'extrait hydro-éthanolique des graines de *M. chamomilla* parmi les extraits à activité antioxydante modérée mais biologiquement intéressante (**Molyneux, 2004**).

Par ailleurs, cette activité antiradicalaire est en accord avec la teneur relativement élevée en composés phénoliques totaux observée dans l'extrait. De nombreuses études ont mis en évidence une corrélation positive entre la concentration en polyphénols et le pouvoir

antioxydant des extraits végétaux, ces molécules constituant l'un des principaux systèmes naturels de défense contre le stress oxydatif (**Prior et al., 2005 ; Shahidi et Ambigaipalan, 2015**). Ainsi, les résultats obtenus suggèrent que les graines de *Matricaria chamomilla* pourraient constituer une source naturelle intéressante d'antioxydants susceptibles d'être valorisés dans les domaines alimentaire, pharmaceutique ou nutraceutique.

4. Caractéristiques physico-chimiques des yaourts

L'observation du pH et de l'acidité titrable des différents échantillons au cours de la fermentation et de la conservation a mis en évidence une diminution progressive du pH, concomitante à une augmentation de l'acidité. Au début de l'expérimentation, les valeurs de pH étaient comprises entre 6,5 et 6,7, puis ont progressivement diminué pour atteindre 4,3 à 4,6 après la phase de conservation.

Parallèlement, l'acidité Dornic a augmenté de manière continue, passant à des valeurs comprises entre 95 °D et 110 °D après 12 jours de conservation. Cette évolution traduit l'activité métabolique persistante des bactéries lactiques, qui continuent à produire de l'acide lactique au cours du stockage, contribuant ainsi à l'acidification progressive du milieu.

Tableau 2 : valeur de ph des yaourts expérimentaux au cours de la conservation

		Taux des extraits			
Facteur étudié		0 %	2,5 %	5 %	10 %
Fermentation	0 h	6,70 ± 0,015	6,68 ± 0,017	6,66 ± 0,014	6,65 ± 0,016
	4 h	5,35 ± 0,022	5,25 ± 0,024	5,15 ± 0,021	5,05 ± 0,019
Post-acidification (4°C)	7e jour	4,65 ± 0,013	4,55 ± 0,016	4,50 ± 0,018	4,42 ± 0,015
	14e jour	4,55 ± 0,012	4,48 ± 0,017	4,42 ± 0,016	4,35 ± 0,014
	21e jour	4,48 ± 0,018	4,42 ± 0,014	4,36 ± 0,017	4,30 ± 0,015

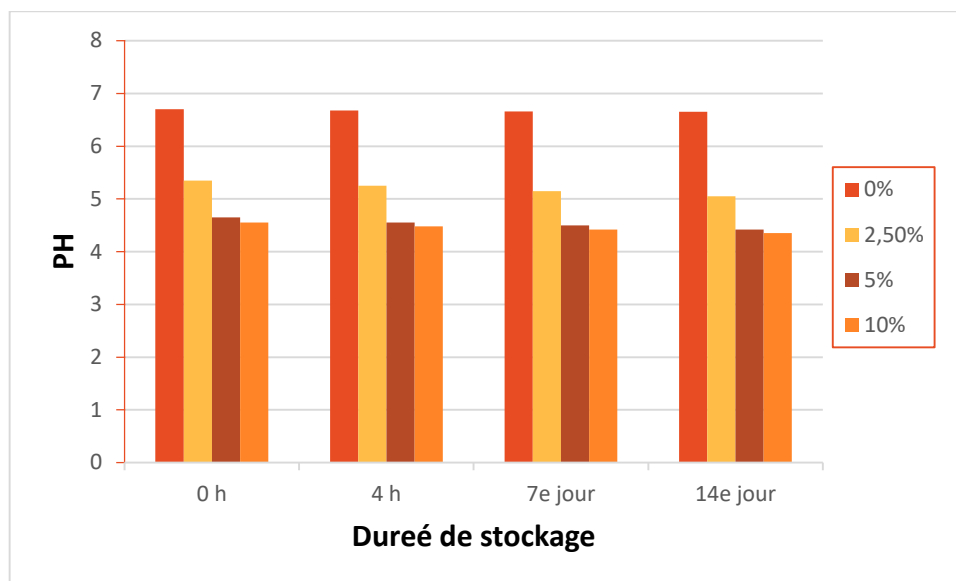


Figure15 : Evolution de pH des yaourts expérimentaux au cours de la conservation

Le tableau 1 met en évidence une diminution progressive du pH de l'ensemble des yaourts au cours de la période de conservation. Cette baisse est plus marquée durant les premières heures post-fermentation, puis tend à se stabiliser progressivement jusqu'au 21^e jour de stockage. Cette évolution traduit la poursuite de l'activité métabolique des bactéries lactiques, qui continuent de fermenter le lactose résiduel en acide lactique.

Par ailleurs, les échantillons enrichis présentent des valeurs de pH légèrement inférieures à celles du témoin durant toute la période de conservation. Le yaourt formulé avec 10 % d'enrichissement affiche le pH le plus faible, suggérant une intensification de l'activité fermentaire des micro-organismes.

Enfin, la diminution du pH constitue un indicateur de stabilité microbiologique du produit, contribuant également à son pouvoir conservateur naturel.

Tableau 3 : Tenurs en acidité des yaourts expérimentaux au cours de la conservation :

		Taux des extraits				Effet de l'incorporation de l'extrait
Facteur étudié		0 %	2,5 %	5 %	10 %	
Fermentation	0 h	25 ± 0,03	25 ± 0,02	24 ± 0,01	24 ± 0,006	NS (p > 0,05)
	4 h	62 ^a ± 0,006	63 ^b ± 0,012	65 ^b ± 0,025	68 ^c ± 0,031	S (p < 0,05)
Post-acidification (4°C)	7ème J	80 ^a ± 0,021	82 ^{ab} ± 0,018	86 ^b ± 0,015	92 ^c ± 0,011	S (p < 0,05)
	14ème J	85 ^a ± 0,010	88 ^a ± 0,022	91 ^b ± 0,014	98 ^c ± 0,012	HS (p < 0,01)
	21ème J	88 ^a ± 0,015	91 ^{ab} ± 0,019	95 ^b ± 0,025	102 ^c ± 0,030	HS (p < 0,01)

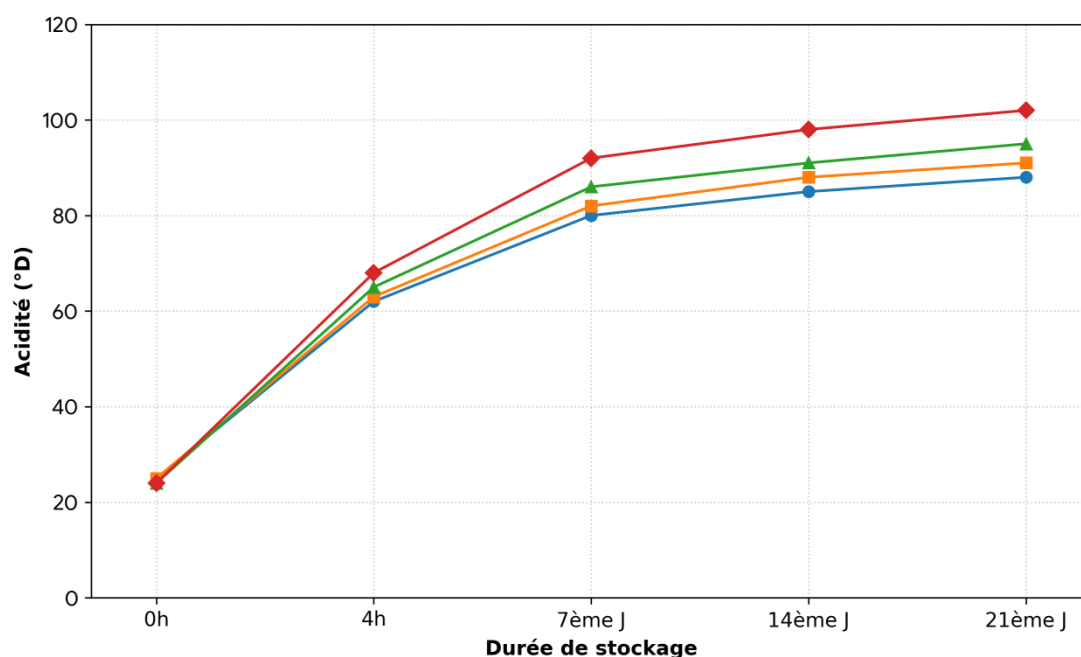


figure 16 : Evolution de l'acidité dornic des yaourts expérimentaux

Les résultats sont représentés en valeurs moyennes suivies des écarts types respectifs.

NS : Effet non significatif ; S : Effet significatif du facteur étudié ($p < 0.05$) ; HS : Effet hautement significatif ($p < 0.01$). Les lettres (a, b, c) représentent les groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman-Keuls. Étude microbiologique des yaourts

Les analyses microbiologiques ont démontré une bonne pérennité des bactéries lactiques tout au long de la période de conservation. Les populations de *Lactobacillus bulgaricus* ont été maintenues à des taux acceptables jusqu'au 21^e jour de stockage.

Les micro-organismes détectés variaient entre $[18 \times 10$ et 148×10 UFC/mL], ce qui indique

Tableau 4 : Evolution du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* des yaourts expérimentaux au cours de la conservation

Facteur étudiés		Taux des extraits			
Période		0%	2,5%	5%	10%
Fermentation	0 h	18	18	18	18

Résultats et discussion

	4 h	95	100	105	108
Post-acidification	7 ^{ème} jour	130	140	145	148
	14 ^{ème} jour	120	130	135	138
	21 ^{ème} jour	115	125	130	133

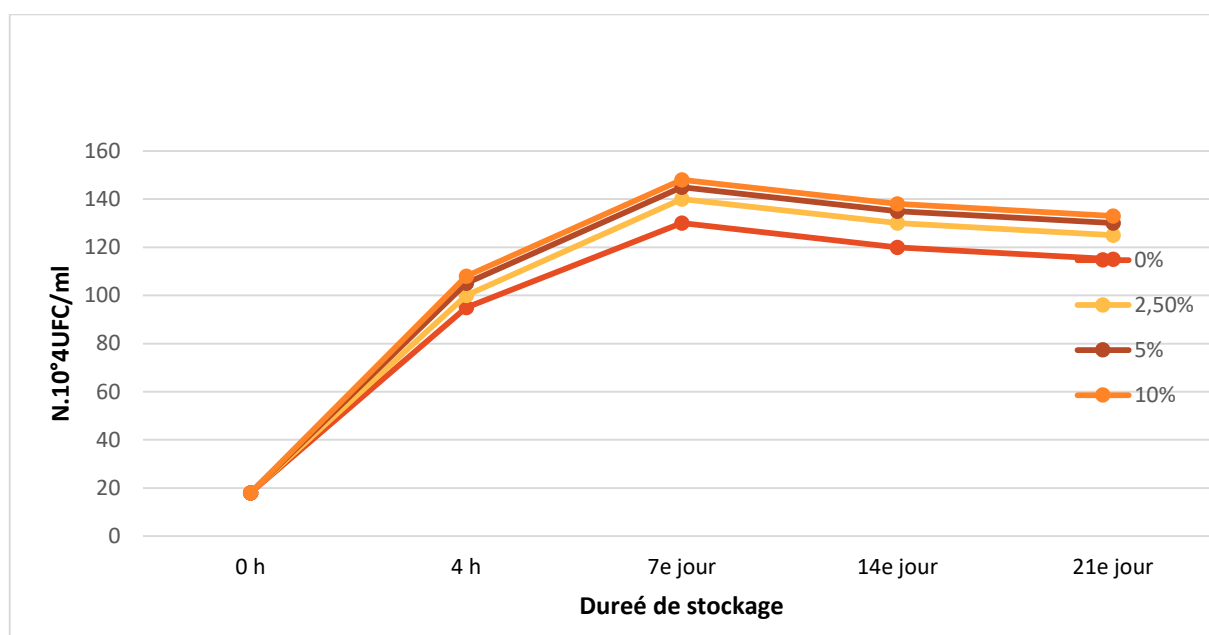


Figure17: Evolution du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* des yaourt expérimentaux

On note une hausse significative jusqu'au septième jour, puis une légère baisse par la suite pendant la période de conservation.

L'augmentation plus importante de croissance observée dans les traitements enrichis suggère que l'ajout effectué a favorisé des conditions propices au développement de cette bactérie. Durant toute la durée de cette étude, le traitement à 10 % a montré les plus grands effectifs, atteignant un pic de 148×10^4 UFC/mL.

La Une baisse observée après l'apogée de la croissance pourrait se justifier par la montée de l'acidité ambiante et l'épuisement progressif des nutriments présents. Même face à cette chute, le nombre de populations demeure assez haut jusqu'au 21e jour, prouvant ainsi la bonne viabilité de la flore lactique dans les différents yaourts testés.

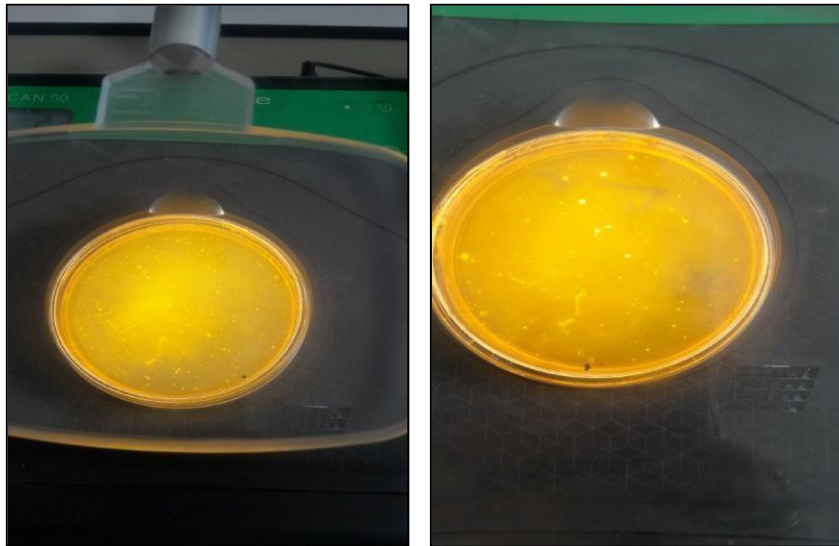


Figure 18 : résultats de l'analyse microbiologique développement des colonies bactériennes sur milieu MRS

Analyse sensorielle

Le panel d'évaluation sensorielle a examiné des aspects tels que la couleur, l'arôme, la saveur, l'acidité, la texture, la consistance et l'appréciation générale. Les conclusions tirées indiquent que les différents échantillons ont généralement été bien reçus par les panélistes.

On n'a pas remarqué de différences majeures pour certains paramètres sensoriels ($P > 0,05$), alors que d'autres paramètres ont dévoilé des différences notables ($P < 0,05$). L' sample qui contient [5 %] d'extrait a obtenu la plus haute évaluation générale, avec une note moyenne de [8.5/10].

Globalement, l'ajout de l'extrait a permis de conserver une sensorialité acceptable du produit tout en lui conférant des propriétés organoleptiques appréciées par les évaluateurs.

Conclusion

CONCLUSION

Cette recherche s'inscrit dans une perspective d'élaboration de solutions naturelles et novatrices pour le secteur agroalimentaire. Nous avons examiné l'efficacité de l'intégration de l'extrait bioactif de camomille (*Matricaria chamomilla* L.) en tant qu'antioxydant naturel dans une composition de yaourt étuvé, tout en surveillant de manière rigoureuse la qualité globale sur une durée de conservation au frais de 21 jours pendant la phase de post-acidification. L'extraction par solvant hydro-éthanolique a donné un rendement très satisfaisant en composés phénoliques totaux. Ces derniers, soumis à des examens quantitatifs et à l'essai de piégeage des radicaux libres (DPPH), ont démontré un potentiel d'inhibition très encourageant. Ce qui donne à cet extrait végétal un avantage marqué pour se positionner comme une option fiable face aux conservateurs chimiques de synthèse. Du point de vue physico-chimique, les résultats expérimentaux indiquent que ce renforcement a légèrement stimulé la dynamique de fermentation pendant la période de conservation. Nous avons donc observé une réduction progressive des valeurs de pH, coïncidant avec une montée de l'acidité titrable (exprimée en degrés Dornic). Cette évolution s'est révélée être directement proportionnelle aux divers taux d'incorporation testés (2,5 %, 5 % et 10 %). Concernant le profil microbiologique, les vérifications régulières démontrent que l'inclusion de l'extrait de camomille n'a en aucune façon entravé ou compromis la croissance et la pérennité des ferments lactiques fondamentaux (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*). Ces souches technologiques ont réussi à garder leurs populations largement au-delà des normes réglementaires (dépassant le seuil de 10^7 UFC/g), assurant ainsi la conservation des qualités favorables du produit final. Pour finir, l'analyse sensorielle montre que l'extrait a un impact notable sur la texture, l'arôme et la perception de l'acidité du yaourt. Les lots préparés ont su se démarquer, notamment avec une concentration maximale de 10 %, qui a offert un goût caractéristique, plaisant et extrêmement unique. Les goûteurs ont grandement apprécié ce résultat sans que cela n'altère ni l'aspect visuel ni l'acceptabilité générale du produit fini. Bref, l'intégration de la camomille présente des possibilités tangibles et prometteuses dans l'univers des produits laitiers et des aliments fonctionnels. Cette conception permet de créer un produit qui allie des caractéristiques technologiques de protection aux avantages santé de plus en plus demandés par les consommateurs contemporains.

Références bibliographiques

- 1) **(Sodini Guignard, J. L, (2000).** Biochimie végétale. Dunod, Paris., pp: 274.
- 2) ²² *Ethnopharmacological notes about ancient uses of medicinal plants in Trás-os-Montes (northern Portugal).*
- 3) **Afrigan, L. et al., (2019).** *The effect of hydroethanolic extract of Matricaria chamomilla on the reproductive system of male rats exposed to formaldehyde.*
- 4) **Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007).** Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*, 2(4), 875–877.
- 5) **Ali-Rachedi, F. et al., (2018).** *Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne Scabiosa atropurpurea subsp. maritima L.*
- 6) **Al-Mekhlafi, F. A. et al., (2021).** *Target and non-target effects of Foeniculum vulgare and Matricaria chamomilla combined extract on Culex pipiens mosquitoes.*
- 7) **Amellal, R, (2000).** La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. Institut National d'Agronomie El-Harrache. Option méditerranéenne. Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000 Sér.B N° 14.Pp. 230-232.
- 8) **Amellal-Chibane, H., (2008).** Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur.
- 9) **Asadi, Z. et al., (2020).** *Anti-inflammatory effects of Matricaria chamomilla extracts on BALB/c mice macrophages and lymphocytes.*
- 10) **Awaad, A. A. et al., (2018).** *Experimental and clinical antihypertensive activity of Matricaria chamomilla extracts and their angiotensin-converting enzyme inhibitory activity.*
- 11) **Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S. O., Worku, M., Tahergorabi, R., da Silva, R. C., & Ibrahim, S. A. (2022).** Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(11), 7008-7025.
- 12) **Bahmani, M. et al., (2014).** *Ethnobotanical study of medicinal plants used in the management of diabetes mellitus in the Urmia, Northwest Iran.*

- 13) Bai M, Sun T, Zheng N, Wang J, Zang J, Li S, Guo T, Lu W.(2024). Fermentation characteristics of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains and their performance in yogurt production. *International Journal of Food Microbiology*. 2024.
- 14) Bankole, A. O., Ironi, E. A., Awoyale, W., & Ajani, E. O. (2023). Application of natural and modified additives in yogurt formulation : types, production, and rheological and nutraceutical benefits. *Frontiers in Nutrition*, 10, Article 1257439.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1257439>
- 15) Béal C., Helinck S. 2019. Fabrication des yaourts et des laits fermentés. □
- 16) Bergamaier, D, (2002). Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lb. rhamnosus* rw 9595m d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse doctorat, université de Laval, Canada. Pp149.
- 17) Chauhan, R. et al., (2022). A Comprehensive Review on Biology, Genetic Improvement, Agro and Process Technology of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.).
- 18) Cheurfa, M., Achouche, M., Azouzi, A., & Abdalbasit, M. A. (2020). Antioxidant and anti-diabetic activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) leaves extracts. *Foods and Raw Materials*, 8(2), 329-336.
- 19) Clark, S., & Plotka, V. C. (2004). Yoghurt and sour cream: operational procedures and processing equipment. In Y. H. Hui, L. Meunier-Goddik, Åse Solvejg Hansen, J. Josephsen, Wai-Kit Nip, P. S. Stanfield & F. Toldrà (Éds.), *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology* (pp. 184-200). New York, NY: Marcel Dekker.
- 20) colony-stimulating factor receptor (CSF-1R). *Journal of Cell Science*, 1994(Supplement 18), 105-108.
- 21) DELLAGLIO F., DE ROSSART H., TORRIANIS S., CURK M. et JANSSENS D., (1994) .Caractérisation générale des bactéries lactiques. Tec&Doc (Eds), Loriga, 1, 25116.
- 22) Doleyres, Y, (2003). Production en continue du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Canada. Pp148.
- 23) El Mihyaoui, A. et al., (2022). *Chamomile (Matricaria chamomilla L.): A review of ethnomedicinal use, phytochemistry and pharmacological uses*.

- 24) **Franco, R. R. et al., (2018).** *Antioxidant and anti-glycation capacities of some medicinal plants and their potential inhibitory against digestive enzymes related to type 2 diabetes mellitus.*
- 25) **Ge, Y., Yu, X., Zhao, X., Liu, C., Li, T., Mu, S., Zhang, L., Chen, Z., Zhang, Z., Song, Z., Zhao, H., Yao, S., & Zhang, B. (2023).** Fermentation characteristics and post-acidification of yogurt: symbiosis between *S. thermophilus* and *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. *Journal of Dairy Research / Journal of Dairy Science*. 2024. Étude expérimentale sur interactions de souches et post-acidification.
- 26) **Ghizlane Hajjaj., (2017).** *Screening phytochimique, étude toxicologique et valorisation pharmacologique de Matricaria chamomilla L. et de l'Ormenis mixta L. (Asteraceae).* Thèse de doctorat. Université Mohammed
- 27) **Gosta, B, (1995).** Manuel de transformation du lait. Ed Etat pack processing systems AB. Sweden..
- 28) **Hanif, M. S., Zahoor, T., Iqbal, Z., Ihsan-ul-Haq, M., & Arif, A. M. (2012).** Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(2), 61-70.
- 29) **Hassanpour, H. et Ghanbarzadeh, M., (2021).** *Induction of cell division and antioxidative enzyme activity of Matricaria chamomilla L. cell line under clinorotation.*
- 30) **Healthline. (2023).** 7 Impressive Health Benefits of Yogurt Healthline. <https://www.healthline.com/nutrition/benefits-of-yogurt>
- 31) **Höferl, M. et al., (2020).** *Biological activity of Matricaria chamomilla essential oils of various chemotypes.*
- 32) **Ichimura, T., Kusaka, M., & Nakamura, T. (2023).** The effect of high-temperature heat treatment and homogenization on the microstructure of set yogurt curd networks. *Journal of Dairy Research*, 90(3), 306-311.
- 33) **Luquet, F. M., Carrieu, G., (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed lavoisier tec et Doc, Paris, Pp 307.
- 34) **MAHAUT M., JEANTET R., SCHAK P. et BRUL G.,(2000).** Les produits industriels laitiers. Ed, techniques et documentation, Lavoisier, Paris. 26-40.
- 35) **MARTY-TEYSSET C. DE LA TORRE F. and GAREL J-R., (2000).** Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* upon aeration: involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), 262-267.

- 36) **Menale, B. et al., (2021).** *Discovering the ethnobotanical traditions of the island of Procida (Campania, southern Italy).*
- 37) **Modler H.W., (1985).** Functional properties of nonfat dairy ingredients. A review. Modification of products containing casein. *Journal of Dairy Science*, 68, 2195-2205
- 38) **Morales-Bozo, I. et al., (2017).** *Evaluation of the effectiveness of a chamomile (Matricaria chamomilla) and linseed (Linum usitatissimum) saliva substitute in the relief of xerostomia in elders.*
- 39) **Mourice, N., (2013).** *Chamaemelum nobile (camomille romaine).*
- 40) **Nagaoka, S. (2019).** Yogurt production, In: *Lactic acid bacteria. Methode and protocole.* New York. Humana Press. Pp 45-54
- 41) **Niknam, S. et al., (2021).** *Polyherbal combination for wound healing: Matricaria chamomilla L. and Punica granatum L.*
- 42) **Nikseresht, M. et al., (2017).** *The hydroalcoholic extract of Matricaria chamomilla suppresses migration and invasion of human breast cancer MDA-MB-468 and MCF-7 cell lines.*
- 43) **NOZNICK P.P.,(1982).** Dairy Ingredients in food. *Bulletin de la Fédération Internationale de Laiterie*, 142, 60-66.
- 44) **Özer, B., Atasoy, A. F., & Akin, M. S. (2002).** Some properties of Urfa cheese (a traditional white-brined Turkish cheese) produced from bovine and ovine milks. *International Journal of Dairy Technology*, 55, 94-99.
- 45) **P. Archana, S. K. Tandan, S. Chandra & J. Lal (2005).** Antipyretic and analgesic activities of *Caesalpinia bonducella* seed kernel extract. *Phytotherapy Research*, 19(5), 376–381. doi:10.1002/ptr.1339.
- 46) **Paci Kora E. (2004).** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur.
Thèse de doctorat de l'Institut national agronomique Paris-Grignon. p 258.
- 47) **Petrakou, K., Iatrou, G. et Lamari, F. N., (2020).** *Ethnopharmacological survey of medicinal plants traded in herbal markets in the Peloponnisos, Greece.*
- 48) **Quézel, P. et Santa, S., (1963).** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.*

- 49) Roussel et al, (1994) Roussel, M. F. (1994). Signal transduction by the macrophage-
- 50) Singh, B., Gairola, S., Kumar, D., Gupta, V., & Bansal, P. (2010). Pharmacological potential of *Eriobotrya Japonica*-AN. *International Research Journal of Pharmacy*, 1(1), 95-99
- 51) Singh, O., Khanam, Z., Misra, N., & Srivastava, M. K. (2011). Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. *Pharmacognosy reviews*, 5(9), 82–95.
- 52) Sodini, I. et Beal, C, (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés.
- 53) Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1999). *Yoghurt: Science and Technology* (2nd ed.). Woodhead Publishing Ltd. & CRC Press LLC. ISBN 1-85573-399-4.
- 54) Tamime, A.Y. & Robinson, R.K. (2007). *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology*. Woodhead Publishing.
- 55) Tamime, A.Y. & Robinson, R.K. (2007). *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology*. Woodhead Publishing.
- 56) Upadhyay, R. K., Singh, V. R. et Tewari, S. K., (2016). *New agro-technology to increase productivity of chamomile (Matricaria chamomilla L.)*.
- 57) Vidal, (2010). *Guide des plantes qui soignent*.
- 58) Villa-Rodriguez, J. A. et al., (2018). *Acute metabolic actions of the major polyphenols in chamomile: An in vitro mechanistic study on their potential to attenuate postprandial hyperglycaemia*.
- 59) Walstra, P., Wouters, J.T.M., & Geurts, T.J. (2006). *Dairy Science and Technology*. CRC Press.
- 60) WebMD.(2023). Health Benefits of Yogurt. WebMD.
<https://www.webmd.com/diet/health-benefits-yogurt>
- 61) Weerathilake, W.A.D.V. et al. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4): 1–10.
- 62) Zadam, M. H. et al., (2023). *In-vivo anti-inflammatory effects of Roman Chamomile (Chamaemelum nobile) aqueous extracts collected from the National Park of El-Kala (North-East, Algeria)*.
- 63) Zargarani, A. et al., (2018). *Evaluation of the effect of topical chamomile (Matricaria chamomilla L.) oleogel as pain relief in migraine without aura: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study*.

- 64) Zhang, Z., Jiang, K., Yang, A., Xu, K., Meng, F., Zhong, F., & Wang, B. (2025). Effect of Whey Protein Changes on Milk Flavor and Sensory Characteristics During Heating. *Foods*, 14(1), 33. <https://doi.org/10.3390/foods14010033>
- 65) Ziarno, M.; Zaręba, D.; Ścibisz, I.; Kozłowska, M. (2023). Comprehensive studies on the stability of yogurt-type products: acidification kinetics, starter viability and quality during storage. *Foods*. 2023; 12:
- 66) Živković, J. et al., (2020). *Traditional use of medicinal plants in South-Eastern Serbia (Pčinja District): Ethnopharmacological investigation on the current status and comparison with half a century old data*
- 67) Codex Alimentarius Commission.
- Codex Standard for Fermented Milks (CXS 243-2003, révisions 2019–2023).*
- Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) / World Health Organization (WHO); 2023.*
- 68) FAO / WHO (Food and Agriculture Organization / World Health Organization) (2022)
- Milk and Milk Products in Human Nutrition.*
- Rome: FAO; 2022.*
- Rapport technique conjoint FAO/OMS sur les produits laitiers fermentés et leurs critères microbiologiques et physico-chimiques.*
- International Dairy Federation (IDF) (2021). *Bulletin of the International Dairy Federation: Fermented Milks – Microbiological Criteria and Technological Standards*. Brussels: IDF; 2021.
- IDF Bulletin No. 518 (ou documents techniques équivalents selon édition).*
- 69) Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). *Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties*. *Molecules*, 15(10), 7313–7352.
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., et al. (2014). *Effect of extraction solvent on total phenol content and antioxidant activity of extracts*

from *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296–302.

- 70) Everette, J. D., Bryant, Q. M., Green, A. M., et al. (2010). Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteu reagent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8139–8144.
- 71) Khoddami, A., Wilkes, M. A., & Roberts, T. H. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328–2375.
- 72) Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302.
- 73) Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152–159.
- 74) Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A. H., & Khalel, K. I. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme, sage and marjoram extracts. *Industrial Crops and Products*, 43, 827–831.
- 75) Singh, O., Khanam, Z., Misra, N., & Srivastava, M. K. (2011). Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. *Pharmacognosy Reviews*, 5(9), 82–95.
- 76) McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2006). A review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.). *Phytotherapy Research*, 20(7), 519–530.
- 77) Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical DPPH for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- 78) Pisoschi, A. M., & Negulescu, G. P. (2011). Methods for total antioxidant activity determination: A review. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 1(1), 106.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302.

- 79) Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015).** *Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects. Journal of Functional Foods, 18, 820–897.*
- 80) Srivastava, J. K., Shankar, E., & Gupta, S. (2010).** *Chamomile: A herbal medicine of the past with a bright future. Molecular Medicine Reports, 3(6), 895–901.*
- 81) Azmir, J. et al. (2013).** *Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. Journal of Food Engineering, 117(4), 426–436.*
- 82) Dai, J., & Mumper, R. J. (2010).** *Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant properties. Molecules, 15(10), 7313–7352.*
- 83) McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2006).** *A review of chamomile (Matricaria recutita L.). Phytotherapy Research, 20(7), 519–530.*

Annexe

Composition de milieux de culture :

1. MRS (pH = 6,2 ± 0,2) (De Man et al., 1960)
2. Peptone 10,0 g
3. Extrait de viande 8,0 g
4. Extrait autolytique de levure 4,0 g
5. Glucose 20,0 g
6. Acétate de sodium trihydraté 5,0 g
7. Citrate d'ammonium 2,0 g
8. Tween 80 1,0 ml
9. Hydrogénophosphate de potassium 2,0 g
10. Sulfate de magnésium heptahydraté 0,2 g
11. Sulfate de manganèse tétrahydraté..... 0,05 g
12. Agar 10,0 g

Milieu de culture : MRS

dilutions : De 10^{-1} à 10^{-5} .

Inoculation :

1. À l'aide d'une micropipette stérile, prélevez 1 ml de chaque dilution et déposez-le au fond de la boîte de Pétri qui est vide.
2. Faire couler le centre MRS fondu et le laisser refroidir à 45°C avant de le verser par-dessus.
3. Mélangez doucement en faisant des figures de huit (8) puis laissez durcir.

Incubation : Positionner les boîtes de Pétri inversées à 42°C pendant une durée de 48 à 72 heures.

Interprétation des résultats: Les *Lactobacillus bulgaricus* poussent en produisant des colonies caractéristiques du groupement Lacto : au contour lenticulaire, fréquemment polylobées, et d'une taille pouvant atteindre 3 mm en fonction de l'agencement sur la boîte.

FICHE DE DÉGUSTATION

Yaourt enrichi par l'extrait de camomille

Réalisé par :

- Beljouher lyna Chourouk
- Hrram Amal

Date :

Dégustateur :

Échantillons à évaluer

Échantillon	Description
Témoin	Yaourt sans extrait de camomille
E1	Yaourt + extrait de camomille 2,5 %
E2	Yaourt + extrait de camomille 5 %
E3	Yaourt + extrait de camomille 10 %

Barème

Note	Appréciation
1	Très mauvais
2	Mauvais
5	Moyen
8	Bon
10	Excellent

Aspect / Couleur

Échantillon	Note /10
Témoin	
E1 (2,5 %)	
E2 (5 %)	
E3 (10 %)	

Odeur

Échantillon	Note /10
Témoin	
E1 (2,5 %)	
E2 (5 %)	
E3 (10 %)	

Texture / Consistance

Échantillon	Note /10
Témoin	
E1 (2,5 %)	
E2 (5 %)	
E3 (10 %)	

Goût

Échantillon	Note /10
Témoin	
E1 (2,5 %)	
E2 (5 %)	
E3 (10 %)	

Acceptabilité globale :

Échantillon	Note /10
Témoin	
E1 (2,5 %)	
E2 (5 %)	
E3 (10 %)	

Commentaires :

Échantillon préféré

☐Témoin

□E1 (2,5 %)

□E2 (5 %) □E3 (10 %)