



UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY

جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté : Sciences
Département : Biochimie
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Microbiologie Appliquée

Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Thème :

L'effet des fruits sur la qualité des produits laitiers "yaourt"

Présenté par : *Sellami Chaima & Merabet Abdennour*

Encadrante: *Bourzama Ghania* Grade: *MCA* Université: *Badji Mokhtar-Annaba*

Jury de Soutenance :

Saoudi Amel	MCA	U.BADJI Mokhtar-ANNABA	Présidente
Bourzama Ghania	MCA	U.BADJI Mokhtar-ANNABA	Encadrante
Bouraoui Houda	MCB	U.BADJI Mokhtar-ANNABA	Examinatrice

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Le grand merci s'adresse au Bon Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la force et la patience et qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire de fin d'étude.

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadrante **Mme. Bourzama Ghania**, Maître de conférences A, à l'Université Badjimokhtar, Annaba. Nous lui sommes reconnaissants pour avoir accepté de nous encadrer et de nous proposer un sujet aussi passionnant. Sa présence constante et son soutien inestimable ont été d'une grande importance pour la réalisation de ce travail.*

*Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers **Mme. Benouagueni Sarah** pour son précieux soutien, sa disponibilité et ses conseils judicieux. Sa présence bienveillante a nourri notre réflexion et a contribué de manière significative à la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers les membres du jury, **Mme. Saoudi Amel**, Maître de conférences A, et **Mme. Bouraoui Houda**, Maître de conférences B, pour avoir accepté d'évaluer notre travail avec bienveillance et expertise.*

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation tout au long de notre parcours d'études. Leurs connaissances et leurs conseils précieux ont été essentiels pour notre développement académique et personnel, sans oublier l'ensemble du personnel du laboratoire de microbiologie pour leur inestimable aide

Enfin, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à nos familles et à nos amis(es) qui ont été d'un soutien constant, d'un encouragement inébranlable, d'une aide précieuse et d'un soutien indéfectible tout au long de ces années. Leur présence, leur soutien moral et leur amour ont été essentiels dans la réalisation de notre parcours d'études. Nous leur sommes profondément reconnaissants.

Dédicace

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

À ma chère mère, Wassila, ma source de vie, d'amour et de tendresse, toujours présente à mes côtés. À mon cher père, Nacer, symbole de l'honneur et de la responsabilité.

À mes frères « Adel, Khaled, Ahmed ».

À mes tantes « zoleikha, Karima, Mounira, et Sihem ».

À ma belle-sœur « Marwa et ma petite nièce sahar ».

À toutes mes cousines « Aycha, Imen, Hadjer, Mimi, Nadjete, Warda, Ahlem, Salima, Samira, Meriem, Mounira, Samia » et mes cousins « Amar, Ayoub, Djamel, Omar, Arbi, Reda, Hamza ».

À toute ma famille

Merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi. Je suis honoré(e) d'avoir une telle famille et je suis déterminé(e) à poursuivre mes aspirations grâce à votre amour et à votre soutien.

À tous mes amies « Rania, Salima, Manel, Hamida, Rahma Chaima, Sahar ».

Je tenais à prendre un moment pour vous remercier du fond du cœur d'être toujours présentes à mes côtés. Votre amitié précieuse illumine ma vie de mille façons.

À tous mes collègues « Khadidja, Nafissa, Samia Affafe, Radia, Samira, Hanene, Fadila, Assia, Wafa, Meriem, Fadia, Selwa, Chadia, Aycha, Soumaya, Amel.B, Amina.B, Wafa.M, Samiha, Nour, Salihia, Mouna, Fouzia, Mimi, Amel, Amina, Hind, Zahia, Moufida, Sihem, Imen, sihem, Manel, Nacer, Chaabane, Souad, Nesrine, Sara, Hamid, Toufik, Djamel, Soufien...ect »

Je voulais simplement vous dire que votre soutien est inestimables. Merci d'être des collègues formidables !

À mon binome « abdenour » pour sa patience et son soutien.

Je vous aime qu'Allah vous protège.

Chaima

Dédicace

Je dédie ce projet,

A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragés durant ces années d'études.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A ma sœur et mon frère qui ont partagés avec moi tous les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime.

A mon binôme pour l'aide et le support.

Bonne chance à tous.

Abdennour

Résumé

L'incorporation de fruits, d'extraits de fruits et des plantes dans les produits laitiers fait de plus en plus l'objet d'une attention particulière. Cette étude se concentre spécifiquement sur l'incorporation de *Myrtus communis* (myrte) et de *Ceratonia siliqua* (caroube) dans le yaourt, visant ainsi à améliorer ses propriétés biologiques et à enrichir sa composition.

Dans le but d'atteindre cet objectif, le yaourt préparé à base de lait de vache a été enrichi avec un extrait aqueux de caroube et/ou de myrte à une concentration de 10 %. L'effet de cette incorporation a été évalué en surveillant l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, ainsi que des activités biologiques. De plus, des analyses organoleptiques et une évaluation sensorielle ont été effectuées pendant une période de conservation de 21 jours.

Les extraits aqueux de caroube et/ou de myrte incorporés au yaourt ont un effet positif sur l'activité des bactéries lactiques ce qui se manifeste par une diminution progressive du pH pendant toute la période de conservation. De plus, ces extraits aqueux ajoutés au yaourt ont agi comme des agents conservateurs par rapport à l'acidité Dornic et les bactéries lactiques.

Les activités biologiques ont été améliorées le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), le FIC (Chélation du fer ferreux) et le TPC (Teneur totale en polyphénols) par rapport au témoin. En ce qui concerne les qualités organoleptiques, une teneur élevée en protéines a été observée par rapport au témoin. Les tests de synérèse, de solides totaux et de rétention d'eau ont montré des valeurs proches au témoin malgré l'ajout de 10 ml d'extraits aqueux par litre de lait.

L'incorporation de ces extraits aqueux dans le yaourt a entraîné une amélioration significative sur le plan sensoriel, se manifestant par des différences très agréables en termes d'aromatisation, de goût, de texture et de consistance par rapport au yaourt témoin.

Mots clés : Activités biologiques, *Ceratonia siliqua*, *Myrtus communis*, Conservateur
Qualités organoleptiques, yaourt.

Abstract

The incorporation of fruits, fruit extracts, and plants in dairy products is increasingly receiving special attention. This study specifically focuses on the incorporation of blueberry and carob into yogurt, aiming to improve its properties and enrich its composition.

To achieve this objective, yogurt prepared from cow's milk was enriched with an aqueous extract of carob and/or blueberry at a concentration of 10%. The effect of this incorporation was evaluated by monitoring the physicochemical and microbiological parameters, as well as the biological activities. Additionally, organoleptic analyses and sensory evaluation were conducted during the storage period.

The aqueous extracts of carob and/or blueberry incorporated into yogurt had a positive effect on the activity of lactic acid bacteria, as evidenced by a gradual decrease in pH throughout the storage period. Moreover, these aqueous extracts added to the yogurt acted as preservatives in terms of acidity (Dornic) and lactic acid bacteria.

The biological activities were enhanced, including DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) scavenging activity, FIC (ferrous iron chelation), and TPC (total polyphenol content), compared to the control. Regarding organoleptic qualities, a higher protein content was observed compared to the control. Syneresis, total solids, and water retention tests showed values similar to the control despite the addition of 10 ml of aqueous extracts per liter of milk.

The incorporation of these aqueous extracts into yogurt resulted in a significant improvement in sensory attributes, with highly pleasant differences in terms of flavor, taste, texture, and consistency compared to the control yogurt.

Keywords: Biological activities, *Ceratonia siliqua*, *Myrtus communis*, Preservative, Organoleptic qualities, yogurt

ملخص

.

.

/

.% 10

. 21 .

/

(Dornic)

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

(TPC)

(FIC)

10

كلمات مفتاحية: *Myrtus communis*, *Ceratonia siliqua*

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
INTRODUCTION GENERALE.....	1
I. Historique	3
II. Définition.....	3
III. Types de yaourts.....	3
IV. Les bienfaits des yaourts.....	4
IV.1. Apports nutritionnels	4
IV.2. Intérêts thérapeutique	5
V. Procédé de fabrication des yaourts	5
V.1. Les étapes de fabrication du yaourt	6
V.2. Les bactéries lactiques (<i>Lactobacillus bulgaricus</i> / <i>Streptococcus thermophilus</i>).....	8
VI. Incorporation des plantes médicinales dans les yaourts	10
VI.1. Etudes antérieures.....	10
VI.2. Les plantes médicinales utilisées dans la fabrication de yaourt.....	12
MATÉRIEL ET MÉTHODES	16
I. Objectif	16
II. Matériel biologique	16
II.1. Matière végétale.....	16
II.2. Les ferments	17
II.3. Les bactéries à tester	17
III. Matériel utilisé.....	17
IV. Les milieux de culture	18
V. Préparation de l'extrait aqueux de caroube et de myrte.....	18
VI. Fabrication de yaourt avec l'extrait de caroube et de myrte.....	19
VII. Analyses de yaourt	20
VII.1. Analyse physicochimiques du yaourt.....	20
VII.2. Analyses microbiologiques.....	23
VII.3. Préparation de l'extrait de yaourt	25
VII.4. Activité antibactérienne.....	26
VIII. Les activités biologiques	27

VIII.1. DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).....	27
VIII.2. Chélation du fer ferreux "Ferrous Iron Chelating/FIC "	27
VIII.3. Contenu Total en Polyphénols "Total Polyphenol Content/TPC "	28
IX. Qualités organoleptiques.....	28
IX.2. Test de la synérèse.....	29
IX.3. Capacité de rétention d'eau "Water Holding Capacity /WHC"	29
IX.4. Solides totaux.....	29
X. Analyse sensorielle	30
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	31
I. Analyses physico-chimiques et microbiologique	31
I.1. Examen microscopique (Coloration de Gram)	31
I.2. Dénombrement des bactéries lactiques	31
I.3. Mesure de pH.....	35
I.4. Acidité Dornic.....	36
II. Activité antibactérienne.....	37
III. Les activités biologiques.....	38
III.1. Contenu Total en Polyphénols"TotalPolyphenol Content/ TPC"	38
III.2. DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).....	40
III.3. Chélation du fer ferreux"FerrousIronChelating / FIC "	41
IV. Qualités organoleptiques.....	43
IV.2. Synérèse	44
IV.3. Capacité de rétention d'eau "Water Holding Capacity / WHC "	45
IV.4. Solide totaux.....	46
V. Analyse sensorielle	48
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	51
REFERENCES BIBIOGRAPHIQUES	53

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme général de fabrication des principaux types de yaourts et laits fermentés « nature ».....6

Figure 2 : Observation microscopique de *Lactobacillus bulgaricus* (coloration au bleu de méthylène) (X100).....9

Figure 3 : Observation microscopique de *Streptococcus thermophilus* (coloration de Gram) (X100).....9

Figure 4 : Baies et feuilles de myrte.....13

Figure 5 : Fruits et graines de dix variétés de caroube d'Algérie.....15

Figure 6 : La caroube et le myrte utilisés.....16

Figure 7 : Figure 7 : Les extraits aqueux de A : la caroube et B : L'extrait aqueux de myrte.19

Figure 8: Principales étapes suivies lors de la préparation des échantillons.....20

Figure 9 : Le pH-mètre utilisé.....21

Figure10 : La mise en culture dans la jarre.....24

Figure 11 : L'extrait aqueux du yaourt après l'étape de centrifugation..... 26

Figure 12 : Observation microscopique des bactéries : (A) *Streptococcus thermophilus* et (B) *Lactobacillus bulgaricus* (coloration de Gram) (X100)..... 31

Figure 13 : Evolution de la croissance des bactéries lactiques, en particulier *Lactobacillus bulgaricus* sur milieu MRS durant la période de conservation.....33

Figure 14 : Evolution de la croissance des bactéries lactiques, en particulier *Streptococcus thermophilus* sur le milieu M17 durant la période de conservation.....34

Figure 15 : Evolution de pH du yaourt témoin et yaourt avec extrait de caroube et myrte durant 21 jours.36

Figure 16 : Evolution de l'acidité Dornic du yaourt témoin et yaourt avec extrait de caroube et myrte durant 21 jours.....	37
Figure 17 : Evolution de TPC au cours de la période de conservation.....	39
Figure 18 : Evolution de l'activité antioxydant DPPH au cours de la période de conservation.....	41
Figure 19 : Evolution de FIC au cours de la période de conservation.....	42
Figure 20 : Teneur en protéines de trois types de yaourt par rapport au témoin.....	44
Figure 21 : Résultats de la synérèse de trois types de yaourt par rapport au témoin.....	45
Figure 22 : La capacité de rétention d'eau de trois types de yaourts par rapport au témoin.....	46
Figure 23 : Test de solide totaux de trois types de yaourt par rapport au témoin.....	47
Figure 24 : Analyse sensorielle du 1 jour.	48
Figure 25 : Analyse sensorielle du 7 jour.	49
Figure 26 : Analyse sensorielle du 14 jour.	49
Figure 27 : Analyse sensorielle du 21 jour.....	50
Figure 28: Quelques échantillons de notre préparation.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1 : Types et caractéristiques des différents types de yaourts.....4

Liste des abréviations

°D : Degré Dornic.

AG : Acide gras

BSA : Albumine sérique bovine.

Cl : La concentration de l'hydroxyde de sodium.

Co : La concentration massique.

CuSO₄.5H₂O : Sulfate de cuivre pentahydraté.

DPPH : (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FeCl₃ : Le chlorure de fer.

FIC : "Ferrous Iron Chelating" / Chélation du fer ferreux .

FRAP : "Ferric Reducing Antioxidant Power" / Capacité antioxydante réductrice du Fer.

GAE : " Gallic Acid Equivalent" / (équivalent en acide gallique).

HCl :Chlorure d'hydrogène.

K₃Fe(CN)₆ : Ferrocyanure.

KOH :Hydroxyde de potassium.

M17 : Gélose M17.

Mac : La masse molaire.

MH : Mueller-Hinton.

MRS: Gélose de Man, Rogosa, Sharpe.

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium.

TPC : "Total Polyphenol Content" / Contenu Total en Polyphénols.

UFC: Gélose de Man, Rogosa, Sharpe.

Véq : La volume équivalent.

WHC : "Water Holding Capacity" /Capacité de rétention d'eau.

INTRODUCTION GENERALE

La consommation mondiale de yaourts a connu une croissance significative depuis les années 1950. Cette tendance se poursuit encore aujourd'hui, bien que la demande se caractérise toujours par de grandes disparités géographiques (Birlouez, 2017).

Le yaourt est considéré comme un aliment sain en raison de sa digestibilité élevée et de la biodisponibilité de ses protéines, de son énergie et de son calcium. De plus, les activités fermentaires microbiennes du yaourt offrant d'énormes avantages nutritionnels pour la santé, tant aussi bien pour les enfants que pour les adultes. En effet, le yaourt contient de nombreux nutriments bioactifs tels que le calcium (Shori et Baba, 2013; Arfaoui, 2020).

En connaissant les risques que représentent les additifs artificiels sur la santé humaine, en particulier ceux qui attirent les enfants. Notamment, la surconsommation de colorants azoïques qui peuvent se transformer en produits génotoxiques et cancérigènes dans des conditions spécifiques (Al-Kharosi et al., 2020).

Avec la demande croissante de produits alimentaires plus sains et ayant des effets bénéfiques pour la santé, de nombreuses études ont été menées à travers le monde pour développer des yaourts enrichis en composés bioactifs (Arfaoui, 2020) L'ajout de fruits au yaourt le rend plus savoureux, améliore son goût, tout en renforçant ses bienfaits pour la santé grâce à leur teneur naturelle en composés nutraceutiques, en particulier les polyphénols (Arfaoui, 2020).

Les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées comme additifs alimentaires dans le monde entier, non seulement pour améliorer les propriétés organoleptiques des aliments, mais aussi pour prolonger leur durée de conservation (Lai et Roy, 2004; Akan et al., 2021). De plus, ces plantes ont fait l'objet de recherches approfondies en raison de leurs bienfaits pour la santé. Les plantes médicinales et aromatiques présentent des qualités nutritionnelles et thérapeutiques précieuses (Shori et Baba, 2011).

Ceratonia siliqua est une source précieuse non seulement de composés phénoliques et d'antioxydants, mais aussi de protéines, de lipides et de galactomannane présentant des propriétés fonctionnelles qui pourraient améliorer la valeur nutritionnelle des aliments dans lesquels ils sont incorporés (Fidan et al., 2020). Elle peut être utilisée dans l'industrie agroalimentaire, Elle contient également des fibres alimentaires qui peuvent être utilisées dans

l'industrie pharmaceutique en raison de leurs nombreux effets positifs sur les niveaux de sucre dans le sang, le taux de cholestérol et le cancer. De plus, la caroube contient des tanins, qui sont généralement utilisés dans le traitement des troubles liés à la diarrhée chronique. (Boublenza et al., 2019).

Les espèces de *Myrtus*, en particulier *Myrtus communis*, sont reconnues pour leur abondance en huiles volatiles, en acides phénoliques tels que l'acide gallique et l'acide ellagique, en flavonoïdes, en acides gras (AG), en tanins et en pigments anthocyaniques (Nassar et al., 2010).

Diverses recherches ont mis en évidence les propriétés anti-inflammatoires, analgésiques et antioxydantes de cette plante. De plus, elle présente des effets neuroprotecteurs, antimutagènes et antidiabétiques, ainsi qu'une activité démontrée sur les lignées cellulaires cancéreuses (Alipour et al., 2014).

Notre étude vise à élaborer de nouvelles recettes de yaourt supplémentées d'extraits aqueux de plantes médicinales, à savoir la caroube, le myrte et le mélange, tout en évaluant leurs qualités physicochimiques et microbiologiques, biologiques, organoleptiques et sensorielles par rapport un témoin (yaourt sans additifs).

Ce présent travail est constitué de trois grandes parties :

- La première partie de notre étude porte sur introduction générale
- La deuxième partie expérimentale décrit les étapes de préparation de l'extrait de *Ceratonia siliqua* et de *Myrtus communis* et du produit final (yaourt mélangé avec l'extrait aqueux), ainsi que la méthodologie suivie comprend les analyses physico-chimiques, microbiologiques, les activités biologiques, organoleptiques et sensorielles.
- La troisième partie se focalise sur les résultats et leur interprétation.

Cette étude s'achève par une conclusion et différentes perspectives.

I. Historique

Le nom du yaourt vient du mot turc "ya-urt", qui signifie littéralement "lait aigre" (Kliks et al., 2019). Il est considéré comme ayant été utilisé pour la première fois par les Turcs au 8ème siècle, apparaissant sous la forme de "yoghurut". On suppose donc que les nomades turcs en Asie fabriquaient du yaourt. D'autres légendes, cependant, racontent que le yaourt a été préparé ou inventé pour la première fois par les peuples des Balkans (Chandan, 2017).

Il y a plus de 3000 ans, il était consommé par les Babyloniens, les Égyptiens et les Hindous, pour ensuite arriver sur les tables turques et bulgares. Auparavant, il était préparé avec du lait de brebis, de bufflonne, de chèvre et de vache. De nos jours, le yaourt est principalement produit à partir de lait de vache (Kliks et al., 2019).

Même au XXe siècle, le yaourt était vendu dans les pharmacies suédoises, car il était connu pour avoir un bon effet sur la santé (Kliks et al., 2019).

II. Définition

Les yaourts font partie des ultra-frais laitiers, c'est-à-dire des produits laitiers à conserver au froid positif entre 0 et 6°C et à date de limitation courte (Lecerf, 2020).

Le Codex Alimentarius, norme n° A- 11 (a) (1975) définit ainsi le yaourt : « Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus Bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc.). Les micro-organismes du produit final doivent être viables et abondants. » (FAO, 2008).

III. Types de yaourts

Le tableau ci-dessous représente les différents types de yaourts et leurs caractéristiques.

Tableau 1 : Types et caractéristiques des différents types de yaourts (Vingola, 2002).

Types	Caractéristiques
a) Selon la teneur en matière grasse : <ul style="list-style-type: none">• Yaourt entier• Yaourt partiellement écrémé• Yaourt écrémé	MG minimum 3% MG moins de 3% et plus de 0,5% MG maximale 0,5%
b) Selon la technologie de fabrication : <ul style="list-style-type: none">• Le yaourt étuvé ou ferme • Le yaourt brassé • Le yaourt à boire	<ul style="list-style-type: none">• Ce sont des yaourts nature ou aromatisé, qui ont une texture ferme à surface lisse incubé et refroidi en pot.• Il présente une texture presque fluide. Amené à une consistance crémeuse après coagulation, incubé en cuve et refroidi avant le conditionnement.• Similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement.
c) Selon les additifs alimentaires : <ul style="list-style-type: none">• Yaourt aromatisé• Yaourt fruité• Yaourt light	Addition de l'arôme Addition de fruit Addition d'édulcorant sans sucre

IV. Les bienfaits des yaourts

IV.1. Apports nutritionnels

Le yaourt est un produit laitier hautement nutritif et facile à digérer.

Les yaourts sont une source importante de nombreux nutriments, notamment des protéines, des vitamines et des minéraux tels que le calcium, le potassium, le phosphore, le magnésium et le zinc (Lecerf, 2020).

Le calcium tient une place majeure dans le bon fonctionnement de l'organisme et joue un rôle essentiel dans le métabolisme osseux et la prévention de l'ostéoporose (Chandan et al., 2017)

Des vitamines telles que la riboflavine (B2), la thiamine (B1), l'acide pantothénique (B5), la pyridoxine (B6), l'acide folique (B9), la cyanocobalamine (B12) (Lecerf, 2020).

Les bactéries lactiques produisent des enzymes qui hydrolysent partiellement les protéines du lait. De ce fait, un yaourt contient plus de peptides et d'acides aminés libres que le lait (Syndifrais, 1997).

IV.2. Intérêts thérapeutique

Le yaourt contient un minimum de 10 millions de ferments par gramme de produit. Les études scientifiques ont montré que ces ferments confèrent au yaourt des effets sur la santé : à ce titre, ils font partie des ferments appelés « probiotiques » (Syndifrais, s.d). Ces ferments possèdent une lactase (β -galactosidase) active tout au long du tractus digestif, ce qui permet au yaourt d'être parfaitement adapté aux personnes ayant une intolérance au lactose(Lecerf, 2020).

Il augmente donc l'immunité intestinale et systémique. Ils entraînent une modification du microbiote. La consommation de yaourt est associée à une diminution de la prévalence du surpoids et de l'obésité, du syndrome métabolique, et du diabète de type 2. Des effets favorables ont également été observés sur la pression artérielle et sur les lipides plasmatiques. Ceci explique sans doute la réduction du risque cardiovasculaire associée à la consommation de yaourt dans plusieurs études épidémiologiques, elle est probablement associée à une diminution du risque de cancer colorectal(Lecerf, 2020).

V. Procédé de fabrication des yaourts

Le diagramme général de production des laits fermentés nature est présenté à la figure 1, il diffère selon le type de produit élaboré (yaourt ferme, brassé, à boire ou concentré) et présente des variantes selon sa teneur en matières grasses et son arôme (Béal et Helinck, 2019).

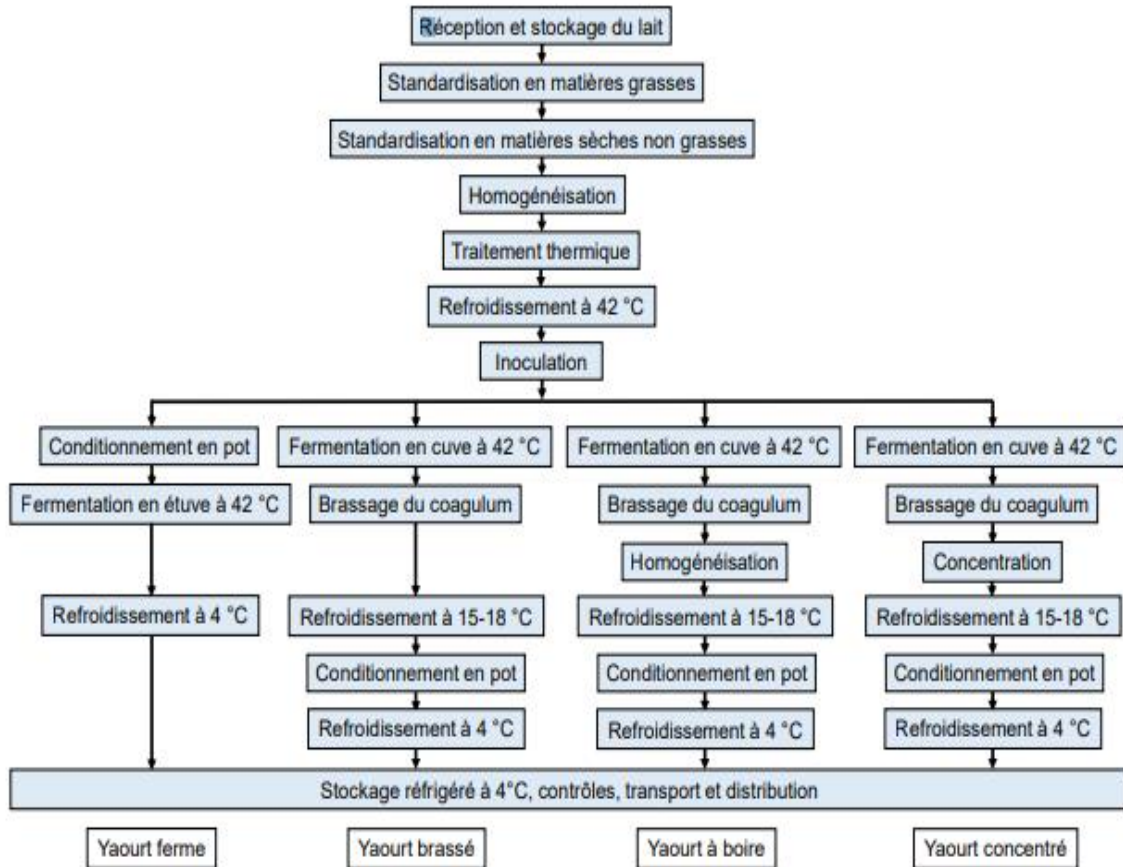


Figure 1 : Diagramme général de fabrication des principaux types de yaourts et laits fermentés « nature » (Béal et Helinck, 2019).

V.1. Les étapes de fabrication du yaourt

V.1.1. Standardisation

Le lait est standardisé au taux de matière grasse requis pour le produit fini et peut être enrichi en extrait sec laitier (Syndifrais, 1997).

V.1.2. Homogénéisation

Il est homogénéisé pour favoriser la dispersion de la matière grasse (Syndifrais, 1997) afin de réduire la taille des globules gras et empêcher leur remontée à la surface des produits pendant la fermentation et le stockage (Béal et Helinck, 2019).

V.1.3. Traitement thermique et refroidissement

Le niveau de traitement thermique appliqué correspond à une pasteurisation, en accord avec la réglementation française (décret n°88/1203 du 30 décembre 1988). Deux systèmes peuvent être utilisés pour chauffer le mix : le traitement batch ou le traitement en continu. Les barèmes de traitement thermique sont variables selon le type d'installation : 15-30 min à 85-90 °C lors des traitements batch, ou 3-7 min à 90-95 °C lors des traitements thermiques continus. Le lait est ensuite refroidi à la température de fermentation (entre 37 °C et 45 °C) (Béal et Helinck, 2019).

Ce traitement thermique entraîne notamment :

- La destruction de germes pathogènes (Syndifrais, 1997).
- L'inactivation des enzymes (les peroxydases du lait) (Béal et Helinck, 2019).
- L'amélioration des propriétés physiques du yaourt (viscosité, capacité de rétention d'eau) (Béal et Helinck, 2019).
- La dénaturation de 80 % de la fraction protéique sérique, soit totalement le lactalbumine et la β -lactoglobuline, ce qui assure une bonne texture du produit fini (Béal et Helinck, 2019).
- La fixation de la plus grande partie des protéines solubles sur les molécules de caséine (Syndifrais, 1997).

Section de refroidissement avec de l'eau froide (de 50 °C à 42 °C) afin d'amener le lait à la température de fermentation (42 °C) (Béal et Helinck, 2019).

V.1.4. Ensemencement

Actuellement, c'est l'ensemencement direct plutôt que semi-direct qui est pratiqué, en associant des souches bien caractérisées et dont les propriétés biologiques et technologiques sont, au préalable, connues, afin de répondre au cahier des charges du client.

Ces ferments sont constitués de mélanges de souches *S.thermophilus* et *L. bulgaricus* qui sont commercialisés sous forme congelée à une concentration d'environ 10^{10} UFC/g (stockage à < 6 40 °C) ou sous forme lyophilisée à une concentration d'environ 5×10^{10} UFC/g (stockage à < 4 °C). Ils sont ajoutés, en quantité suffisante (par exemple entre 5×10^5 et 1×10^7 UFC/mL), directement dans la cuve de fabrication (ensemencement direct) ou dans la cuve

mère (ensemencement semi-direct), sous des contraintes d'asepsie très strictes pour éviter toute contamination (Béal et Helinck, 2019).

V.1.5. Fermentation

Le laitensemencé est directement mis en pots puis sont incubés à 41°C pendant 12 heures (Shori, 2020).

V.1.6. Traitements post-fermentaires (Refroidissement)

Le refroidissement est l'opération qui permet de stopper la fermentation et limiter les problèmes de post-acidification (Béal et Helinck, 2019).

- Concernant les yaourts fermes, ils sont stockés à 4 °C.
- Dans le cas des produits brassés, le laitensemencé fermente en tanks où il sera brassé en fin de fermentation. Le mélange est ensuite refroidi puis mis en pot et stocké à 4 °C (Syndifrais, 1997).

Suivant le type de yaourt, l'adjonction de fruits, de sucres, d'édulcorants et d'arômes se fait avant ou après fermentation (Syndifrais, 1997).

V.2. Les bactéries lactiques (*Lactobacillus bulgaricus* / *Streptococcus thermophilus*)

V.2.1. Caractéristiques générales des bactéries lactiques (Hervé-Jiménez, 2008)

Lactobacillus bulgaricus et *Streptococcus thermophilus* sont des bactéries lactiques à Gram positif. Elles sont généralement immobiles, asporulées, microaérophiles, homofermentaires strictes, exigeantes sur le plan nutritionnel et se présentent sous forme de coques pour *Streptococcus thermophilus* et de bacilles pour *Lactobacillus bulgaricus*. Elles ne possèdent ni catalase ni nitrate réductase.

Pour leur croissance, ces bactéries ont besoin de sources de carbone organique, principalement des glucides fermentescibles.

Pour *Lactobacillus bulgaricus*, la température optimale de croissance se situe entre 42 et 45 °C, avec un pH optimum d'environ 5,5.

Pour *Streptococcus thermophilus*, la température optimale de croissance est de 42 °C, mais elle est capable de croître à des températures plus élevées (jusqu'à 45 °C) utilisées dans certains processus de production.

Les figures 2 et 3 ci-dessous représentent les deux bactéries lactiques *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* respectivement observés sous microscope optique.

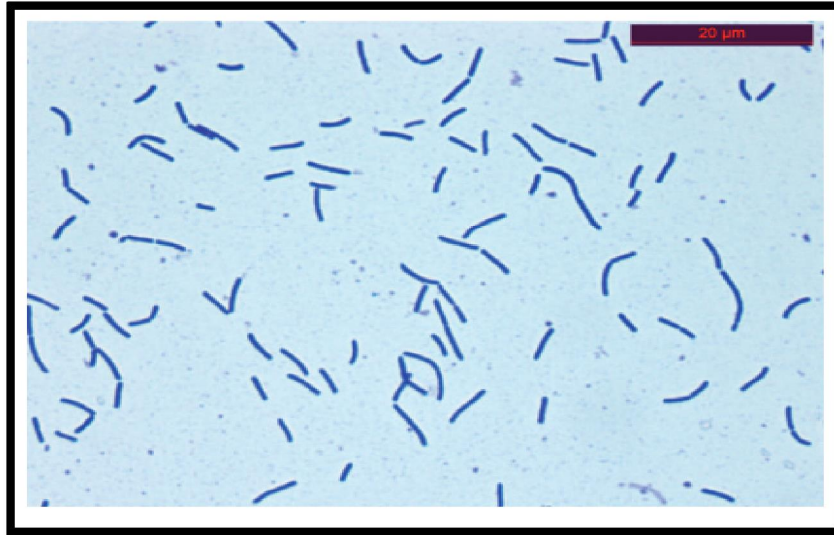


Figure 2 : Observation microscopique de *Lactobacillus bulgaricus* (coloration au bleu de méthylène) (X100) (Shao et al., 2014).

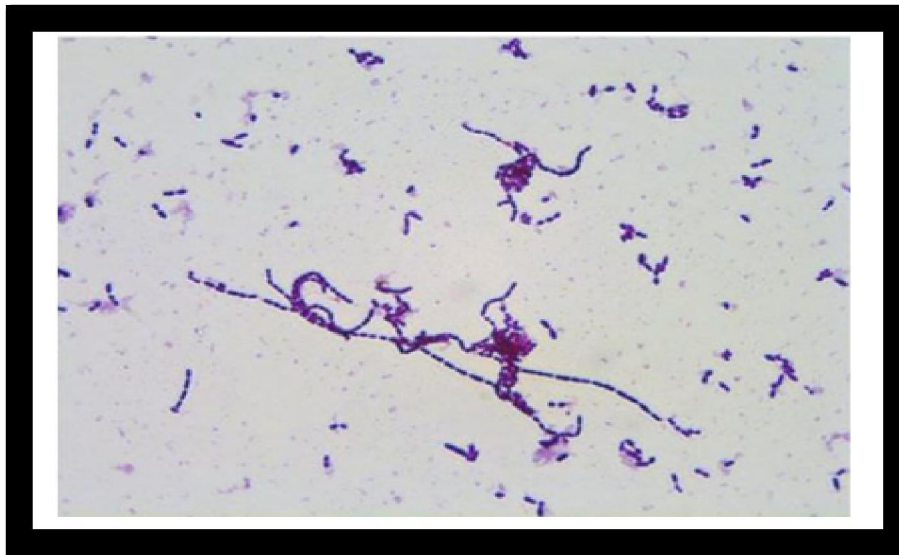


Figure 3 : Observation microscopique de *Streptococcus thermophilus* (coloration de Gram) (X100) (Stephens et Turner, 2015).

V.2.2. Croissance associative dans le yaourt

Dans le processus de production du yaourt, l'utilisation combinée de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* permet de bénéficier de l'interaction positive indirecte qui existe entre ces deux espèces. Cette interaction mutuellement avantageuse est connue sous le nom de proto-coopération. Elle se manifeste par une augmentation de la vitesse d'acidification par rapport à celle observée en culture pure, une augmentation des populations bactériennes, une protéolyse plus prononcée et une amélioration de la production de composés aromatiques tels que l'acétaldéhyde, ainsi que de la stabilité physique du produit, réduisant ainsi les problèmes de synérèse (Béal et Helinck, 2019).

Streptococcus thermophilus, qui présente naturellement une faible activité protéolytique, est stimulé par les petits peptides et acides aminés formés dans le lait grâce à l'activité protéolytique du lactobacille, permise par l'action de sa protéase. En retour, *Streptococcus thermophilus* fournit du CO₂ et de l'acide formique qui, tous deux, vont stimuler la croissance de *Lactobacillus bulgaricus* (Béal et Helinck, 2019).

VI. Incorporation des plantes médicinales dans les yaourts

La consommation et la production de yaourt ont considérablement augmenté dans le monde entier, de nouvelles recettes ont été développées en utilisant de nombreux types de fruits et de saveurs (Pandey et Rizvi, 2009; Arfaoui, 2020).

Selon les dernières études, l'utilisation de divers additifs et fruits dans la production de yaourt a une influence significative sur la qualité du yaourt (Yeon et al., 2015; Cho et al., 2017; Cho et al., 2020).

L'ajout de fruits au yaourt, améliore sa saveur et renforce également ses avantages pour la santé en raison de leur teneur naturelle en nutraceutiques (Pandey et Rizvi, 2009; Arfaoui, 2020).

VI.1. Etudes antérieures

Ces dernières années, de nombreuses études ont été menées sur l'incorporation de plantes médicinales et de fruits dans le yaourt.

Voici quelques études menées au cours des années 2019 à 2022.

- Les yaourts à base de feuilles de lotus ont montré des valeurs raisonnables pour le pH, l'acidité titrable et les comptages viables d'acide lactique pendant le stockage. Une viscosité améliorée et une capacité de rétention d'eau ont été observées lorsque de la poudre de feuille de lotus a été ajoutée au yaourt. Les composés phénoliques abondants de feuille de lotus ont augmenté l'activité antioxydante du yaourt et cela a été prouvé par Kim et al. (2019) qui ont confirmé que feuille de lotus améliorerait la qualité et les avantages fonctionnels du yaourt, tels que l'activité antioxydante.
- D'après les résultats obtenus par Cho et al. (2020) indique que l'utilisation d'extrait de feuille d'olivier dans la production de yaourt induit des changements significatifs dans l'acidité titrable, l'activité antioxydante et la synergie. En conséquence, l'extrait de feuilles d'olivier pourrait être considéré comme un additif prometteur pour la production de yaourt.
- Selon l'étude récente de Al-Soudy et al. (2020) ont montré que l'ajout des extraits des plantes (gingembre, amla et curcuma) dans les yaourts à boire ont connu une augmentation importante de l'activité antioxydante. Par conséquent, la consommation de yaourt enrichi avec différents extraits d'herbes, en particulier l'extrait de curcuma, pourrait être utilisée comme aliment fonctionnel pour certaines personnes souffrant de maladies du foie.
- Les résultats obtenus dans les travaux de Shori (2020) ont montré que l'ajout des extraits aqueux des plantes de romarin, d'aneth, d'origan et de gingembre dans le yaourt ont eu un effet positif sur la teneur totale en composés phénoliques du yaourt par rapport au contrôle, et un effet significatif sur l'activité antioxydante et sur la capacité FIC (Chélation du fer ferreux) du yaourt pendant 21 jours de stockage. Tous les yaourts aux herbes ont montré des valeurs FRAP (capacité antioxydante réductrice du Fer) plus élevées et une augmentation importante de l'inhibition de l'activité de l'alpha-amylase, avec une amélioration de post-acidification du yaourt. Donc le yaourt fonctionnel enrichi au romarin, à l'aneth, à l'origan et au gingembre pourrait être un traitement efficace de l'hyperglycémie postprandiale grâce à son activité antioxydante.

- Une autre étude de Shori (2020) a montré que les yaourts enrichis par la coriandre et les graines de cumin à toutes les concentrations, ont renforcé de manière positive la capacité du yaourt naturel à inhiber l'activité de l' -amylase avec une forte activité antioxydante.
- Il a été constaté que Le TPC (contenu total en Polyphénols) ainsi que l'activité antioxydante des yaourts enrichis en dattes ont également été grandement améliorés (à la fois le premier jour et pendant 15 jours de stockage à froid), et avec une augmentation significative de la teneur en minéraux et en glucides, surtout lorsque les dattes ont été ajoutées en morceaux, tout ça a été confirmé par Arfaoui (2020).
- Une 3ème étude a été faite par Shori (2022) a montré que l'ajout d'extraits de muscade, de poivre noir et de poivre blanc dans les yaourts ont positivement affectés L'activité antioxydante et amélioré la réduction du pH dans le yaourt, à l'exception du yaourt au poivre noir, pendant plus de 21 jours de stockage. De plus, l'activité protéolytique la plus élevée a été observée dans les yaourts à la muscade et au poivre noir de 21 jours. Le TPC (contenu total en Polyphénols) le plus élevé a été trouvé dans les trois yaourts aux herbes le 14ème jour. Donc Les composés polyphénoliques de la muscade, du poivre noir et du poivre blanc ont affecté les valeurs fonctionnelles et nutritionnelles du yaourt et ont contribué aux propriétés antioxydantes.

VI.2. Les plantes médicinales utilisées dans la fabrication de yaourt

VI.2.1. *Myrtus communis* (le myrte)

Myrtus est un genre de plantes à fleurs comprenant environ 16 espèces d'arbustes persistants ou de petits arbres présents dans les régions du Moyen-Orient et de l'Asie. *Myrtus communis* L., connue sous le nom de myrte commun ou en arabe mirsin, est une plante qui pousse dans les pays bordant la région méditerranéenne et l'ouest de l'Asie. Elle pousse spontanément en Espagne, en France, en Tunisie, en Algérie et au Maroc (Nassar et al., 2010) Le Myrte commun s'accroît sur l'Atlas tellien et les régions côtières d'Alger et de Constantine (Quézel, et al., 1962 ; Boukheddami et Benyahia, 2020).

Différentes parties de cette plante, telles que ses baies, ses branches, ses feuilles et ses fruits, ont été largement utilisées comme remèdes traditionnels depuis longtemps (La figure 4 ci-dessous représente Baies et feuilles de myrte) (Alipour et al., 2014; Franceschini, 2016).

De manière générale, cette plante a été utilisée traditionnellement pour le traitement de la diarrhée, des ulcères gastriques, des hémorroïdes, de l'inflammation, des saignements, des maux de tête, des palpitations, de la leucorrhée, de l'urétrite, de l'épistaxis, de la conjonctivite, de la transpiration excessive, des maladies pulmonaires et cutanées (Alipour et al., 2014).

Les espèces de *Myrtus* sont connues pour être très riches en huiles volatiles, en acides phénoliques tels que l'acide gallique et l'acide ellagique, en flavonoïdes, en acides gras (AG), en tanins et en pigments anthocyaniques (Nassar et al., 2010).

Plusieurs études ont indiqué les propriétés anti-inflammatoires, l'effet analgésique et l'effet antioxydant de cette plante. Elle présente également un effet neuroprotecteur, un effet antimutagène, un effet antidiabétique et a démontré une action sur les lignées cellulaires cancéreuses (Alipour et al., 2014).



Figure 4 : Baies et feuilles de myrte : photographie prise à Capo Rosso Corse du Sud (Franceschini, 2016).

VI.2.2. *Ceratonia siliqua* (caroube)

Depuis longtemps, le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est considéré comme un arbre méditerranéen spontané ou cultivé. C'est un arbre héliophile et thermophile qui appartient

l'étage bioclimatique semi-aride et aride et qui peut s'adapter facilement à différents types de sols (Boublenza et al., 2019).

L'Algérie est un pays méditerranéen caractérisé par des étapes bioclimatiques hautement diversifiées. En raison de sa position géographique importante, l'Algérie offre une flore riche et diversifiée avec un grand nombre d'espèces endémiques telles que le caroubier (Boublenza et al., 2019).

La caroube est une source précieuse non seulement de composés phénoliques et d'antioxydants, mais aussi de protéines, de lipides et de galactomannane aux propriétés fonctionnelles, ce qui pourrait améliorer la valeur nutritionnelle des aliments dans lesquels ils sont incorporés (Fidan et al., 2020).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est un arbre à feuilles persistantes qui appartient à la famille des Légumineuses ou Fabacées (sous-famille Caesalpinioideae) et est originaire de la région méditerranéenne (Brassesco et al., 2021).

La teneur élevée en fibres alimentaires et en composés bioactifs du fruit du caroubier (figure 5 représente les fruits et graines de dix variétés de caroube d'Algérie) et de ses produits (poudre, farine et sirop), ainsi que leurs effets bénéfiques sur les maladies gastro-intestinales, le diabète, l'hyperlipidémie, l'inflammation et le stress oxydatif, font des produits à base de caroube des ingrédients alimentaires novateurs, qui ont le potentiel d'être utilisés dans le développement d'une grande variété de produits alimentaires bénéfiques pour la santé (Boublenza et al., 2019; Brassesco et al., 2021).

Le caroubier peut être utilisé dans l'industrie agroalimentaire. Il contient également des fibres alimentaires qui peuvent être utilisées dans l'industrie pharmaceutique. De plus, il est utilisé dans la préparation de produits pharmaceutiques, de cosmétiques, de textiles, de peintures, etc (Boublenza et al., 2019).



Figure 5: Fruits et graines de dix variétés de caroube d'Algérie (Boublenza et al., 2019).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de microbiologie du département de Biochimie, faculté de Science, à l'université Badji Mokhtar d'Annaba pendant une période de deux mois environ (de mars à mai).

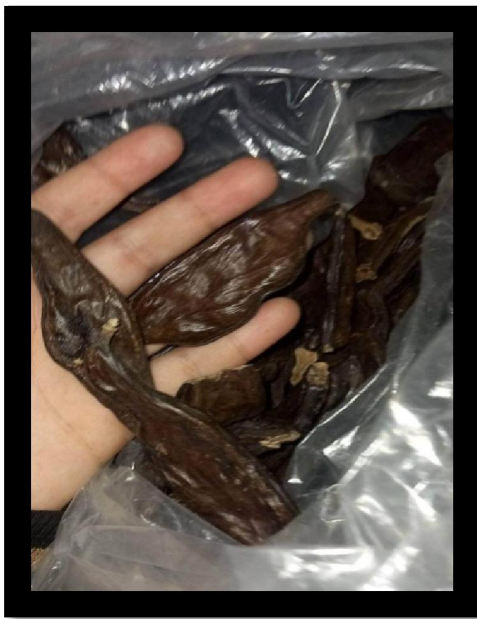
I. Objectif

Notre étude vise à élaborer de nouvelles recettes de yaourt supplémentées d'extraits aqueux de plantes médicinales, à savoir la caroube, le myrte et le mélange, tout en évaluant leurs qualités physicochimiques et microbiologiques, biologiques, organoleptiques et sensorielles par rapport un témoin

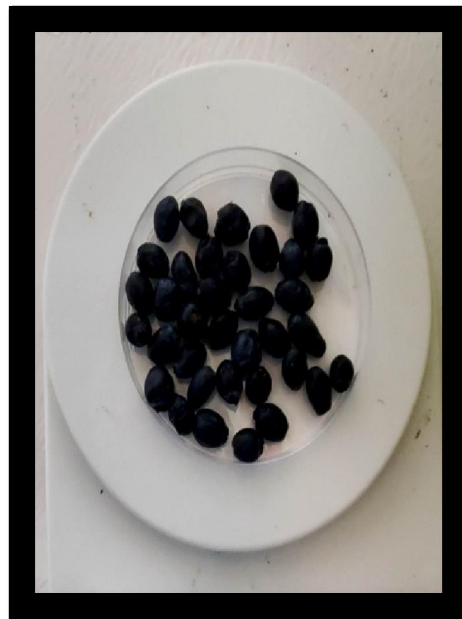
II. Matériel biologique

II.1. Matière végétale

La caroube et le myrte ayant fait l'objet de l'étude ont été achetés du marché au mois de mars.



(A)



(B)

Figure 6 : la caroube et le myrte utilisés, A : La caroube utilisée, B : Le myrte utilisé.

II.2. Les ferments

Thermophile fournis par "Food mania":

Lactobacillus Bulgaricus

Streptococcus thermophilus

II.3. Les bactéries à tester

Escherichia coli ATCC29522

Salmonella typhimurium ATCC13311

III. Matériel utilisé

- Agitateur
- Bain-marie
- Balance
- Balance électronique
- Barreau magnétique
- Centrifugeuse
- Compteur des colonies
- Couteau
- Cuillères
- Cuves
- Étuve
- Erlenmeyer
- Jarre
- Les béchers.
- Les boîtes de Pétri

- Microscope optique
- pH mètre
- Spatule
- Spectrophotomètre
- Vortex
- Yaourtière

IV. Les milieux de culture

- Gélose MRS (Man, Rogosa, Sharpe)
- Gélose M17
- Gélose MH (Mueller-Hinton)
- Gélose nutritif (GN)

V. Préparation de l'extrait aqueux de caroube et de myrte (Shori, 2020 avec modification)

La même méthode de préparation a été suivie pour les deux fruits

Tout d'abord, les fruits ont été soigneusement lavés et séchés à température ambiante, puis broyés ;

Ensuite, 10 g de fruit broyés ont été mélangés avec 100 ml d'eau distillée et incubés dans un bain-marie (70°C) pendant 12h ;

Après cela, en utilisant une centrifugeuse réfrigérée, Le mélange a été centrifugé à 5000 g pendant 15 minutes à 4°C ;

Enfin, les surnagent formés après la centrifugation ont été récupérés et conservés à 4°C et utilisés entant qu'extraitaqueux de caroube et de myrte.

La figure 7 montre les surnageant récupérés après la centrifugation (extrait aqueux de caroube et de myrte).

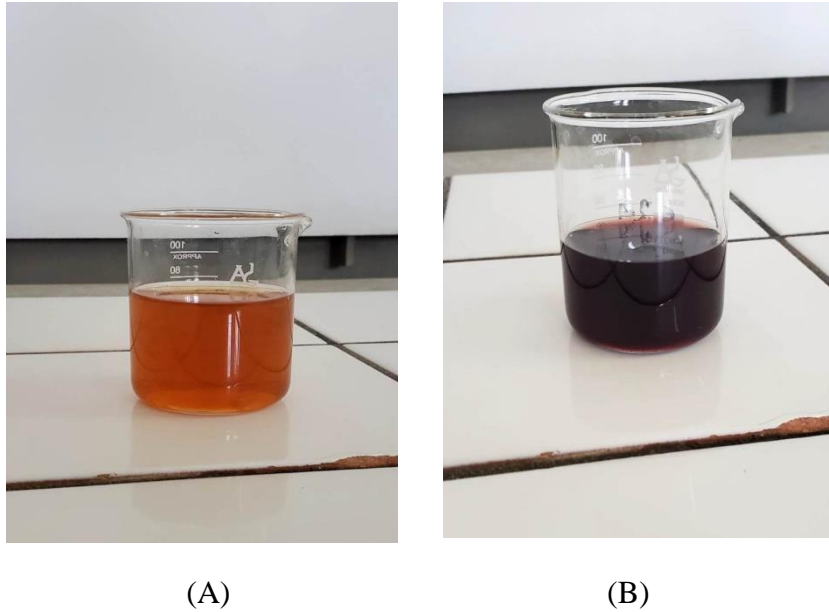


Figure 7 : Les extraits aqueux de A : la caroube et B : le myrte.

VI. Fabrication de yaourt avec l'extrait de caroube et de myrte (Shori, 2020 avec modification)

Les étapes suivies lors de la préparation de 1L de yaourt sont les suivantes :

- D'abord, ajouter 50 g de lait en poudre 28% dans un 1l de lait de vache ;
- Bien homogénéiser le mélange ;
- Ensuite, passer à la pasteurisation, qui est un traitement thermique consistant à placer les erlenmeyer dans un bain-marie à 95°C pendant 5 minutes pour éliminer les bactéries pathogènes. ;
- Refroidissement rapide à 45-46°C ;
- Ajouter les deux ferments *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* (0.002%), puis bien mélanger pendant 1 minute avec des mouvements de bas en haut ;
- Ajouter ensuite 100 ml d'extrait aqueux dans 1l de lait, que ce soit pour la caroube ou les myrtes. Pour le mélange des deux extraits, ajouter 50 ml d'extrait de caroube et 50 ml d'extrait de myrte dans 1l de lait ;
- Mettre en incubation les pots de yaourts dans l'étuve et laisser fermenter pendant 12h à 45°C;

- Arrêter la fermentation en conservant les yaourts à 4°C.

- Pour préparer un yaourt témoin, il faut suivre les mêmes étapes, mais sans ajouter ni l'extrait de caroube ni de myrte.

La figure ci-dessous présente quelques étapes essentielles dans la fabrication de yaourt à base d'extrait de fruit.

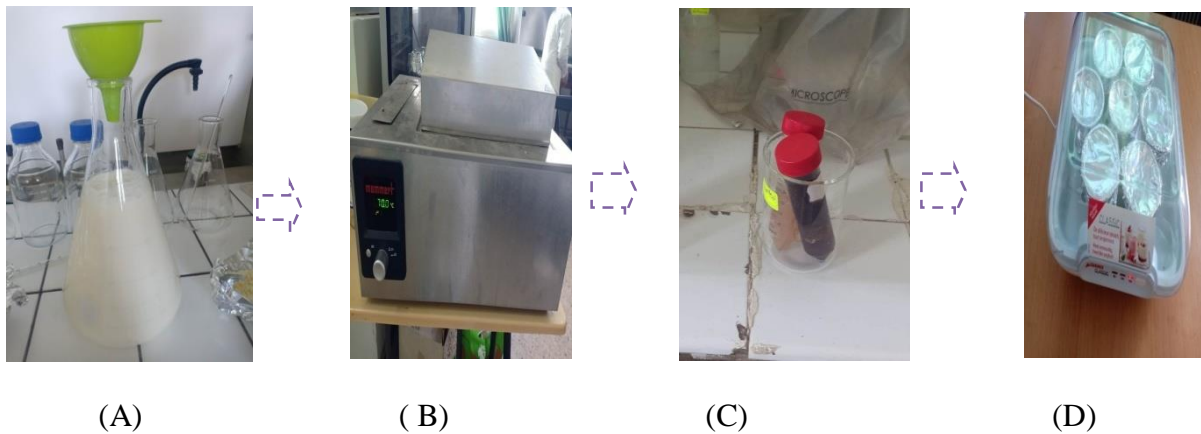


Figure 8 : Principales étapes suivies lors de la préparation des échantillons, A : L'ajout de lait de poudre. B: Traitement thermique à 95°C Pendant 5min .C : L'ajout de l'extrait aqueux et les ferments. D : Étuvage à 45°C.

VII. Analyses de yaourt

Les analyses suivantes ont été effectués pendant 4 périodes : le 1er jour, 7ème jour, 14ème jour et 21ème jour.

VII.1. Analyse physicochimiques du yaourt

VII.1.1. Mesure de pH

- **Principe**

Il consiste en la mesure de la différence de potentiel entre une électrode de mesure et une électrode de référence, qui sont combinées pour former un système d'électrodes. Le pH est

directement déterminé à l'aide d'un pH-mètre électronique après avoir immergé l'électrode dans l'échantillon à analyser. (Baamb, 2022)

➤ **Mode opératoire (Shori et al., 2020)**

La mesure du pH a été réalisé à l'aide d'un pH-mètre (la figure ci-dessous) en suivant les étapes suivantes :

- Etalonner le pH-mètre avec deux solutions tampons l'une à pH 7 et l'autre à pH 4 ;
- prélever 10 ml de chaque type de yaourt (yaourt témoin, yaourt avec extrait de caroube, yaourt avec extrait de myrte, yaourt avec mélange des deux extraits) et les mettre dans des béchers ;
- Bien homogénéiser chaque échantillon de yaourt ;
- Ensuite, plonger directement l'électrode de pH mètre dans chaque bécher et lire la valeur du pH correspondante.

La figure 9 présente le pH-mètre qui a été utilisé dans l'expérience.



Figure 9 : Le pH-mètre utilisé.

VII.1.2. Mesure de l'acidité Dornic (Shori, 2020)

➤ Principe

Les mesures de l'acidité titrable se réfèrent à la concentration totale d'acides contenues dans le yaourt et provenant de la dégradation microbienne du lactose (Benamira, 2022).

L'acidité est déterminée par titrage volumique avec une solution alcaline en présence d'un indicateur coloré (Phénophtaléine).



(Guiraud, 2003 ; Hadjer et Habchi, 2022).

➤ Mode opératoire (Shori et al., 2020 avec modification)

- Peser 5 g du yaourt à analyser dans un bécher ;
- Ajouter 2-3 gouttes de phénophtaléine ;
- Préparer une solution d'hydroxyde de potassium (KOH, 0,1 N) ;
- Remplir la burette avec la solution de KOH et ajuster le niveau à zéro ;
- Introduire le barreau magnétique dans le bécher et le placer sous la burette ;

Sur l'agitateur.

-Titrer avec la solution de potassium jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante.

-Récupérer le volume qui fait l'apparition de la couleur rose.

Afin de déterminer l'acidité Dornic, il est nécessaire de calculer la concentration massique C_0 .

En utilisant la formule ci-dessous :

$$C_0 = C_1 \times V_{eq} \times M_{ac} / V_0$$

- C_1 : c'est la concentration d'hydroxyde de sodium (soude).
- V_{eq} : le volume équivalent en ml d'hydroxyde de sodium déterminé précédemment.
- M_{ac} : c'est la masse molaire de la molécule d'acide lactique=90,08g/mol.

- V0 : c'est le volume de yaourt.
- C0 : la concentration massique.

Le calcul du degré Dornic peut être effectué à l'aide de la formule suivante :

$$D = C0 / 0.1$$

VII.2. Analyses microbiologiques

VII.2.1. Dénombrement des bactéries lactiques

Le dénombrement des bactéries lactiques dans le yaourt est important pour s'assurer que le yaourt contient le bon nombre de ces bactéries.

Ces deux espèces bactériennes présentent un intérêt à la fois d'ordre technologique et nutritionnel. Elles contribuent à assurer la qualité hygiénique du yaourt (Ngounou et al., 2002).

➤ Préparation des dilutions décimales (Shori et Baba, 2012)

- La préparation des échantillons pour les analyses microbiologiques consiste prélever 1 ml de yaourt à l'aide d'une micropipette et l'introduire dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, cette dilution correspond donc à la dilution 1/10 ;
- Ensuite, il faut bien agiter l'échantillon à l'aide d'un vortex afin d'obtenir une suspension homogène des bactéries ;
- Prélever 1 ml de la dilution 1/10 et l'introduire dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, cette dilution est alors 1/100 ;
- Répéter les mêmes étapes jusqu'à l'obtention de la dilution voulue.

➤ Ensemencement sur des boîtes de Pétri (Shori et Baba, 2012)

- Prélever 100 µl à partir de la dilution voulue, à l'aide d'une micro-pipette ;
- Déposer 100 µl de la solution sur la surface de la gélose à l'aide d'une micropipette stérile, (2 milieux de culture utilisés MRS et M17) ;
- Etaler uniformément avec un râteau stérile ;

- Incuber les boîtes de Pétri à l'étuve, à 30°C, pendant une durée allant de 24 à 48 heures, en assurant des conditions d'anaérobiose à l'aide d'une jarre contenant une bougie allumée (la figure 10) ;

- Effectuer le dénombrement des colonies présentes sur toutes les boîtes de Pétri ;

Le nombre de colonies qui doit être pris en considération doit être compris entre 15 et 300 colonies.

➤ Calcul des UFC/mL (Shori et Baba, 2012)

Après avoir récupéré le nombre de colonies, Pour obtenir les UFC/mL il faut passer à la règle qui consiste à diviser le nombre de colonies obtenues par le volume de la dilution utilisée, multiplié par le facteur de dilution. Ainsi, la formule est :

UFC/mL = (nombre de colonies/volume de la dilution utilisée) x facteur de dilution.

Exemple :

Nombre de colonies : 150 colonies

Volume de la dilution utilisé : 0.1ml

Facteur de dilution : 10^5

Calcul : $(150 / 0.1) \times 10^5 = 1,5 \times 10^8$ UFC/mL



Figure10 : La mise en culture dans la jarre.

VII.2.2. Examen microscopique

VII.2.2.1. La coloration de Gram

On réalise la coloration de Gram afin de différencier les bactéries lactiques présentes dans le yaourt contenant de l'extrait aqueux de fruits de celles présentes dans le yaourt témoin.

➤ Mode opératoire

Préparation de frottis

- Déposer une goutte d'eau physiologique sur une lame propre puis, prélever une colonie des bactéries lactique et l'étaler sur la lame ;
- Sécher et fixer le frottis devant le bec Bunsen à l'aide d'une pince ;
- Après avoir préparé le frottis, passer à la réalisation de la coloration de Gram, puis observer au microscope grossissement x 100.

VII.3. Préparation de l'extrait de yaourt (Shori, 2022)

Cela permet d'extraire les composés souhaités du yaourt tout en évitant la dégradation des protéines et les principes actifs comme les polyphénols.

- Peser 10 g de yaourt dans un bécher ;
- Ajouter 2,5 mL d'eau distillée et bien homogénéiser pendant 10 secondes ;
- En ajoutant quelques gouttes d'HCl 0,1 N, abaisser le pH jusqu'à pH = 4 ;
- Verser le contenu des béchers dans des tubes coniques et les placer dans un bain-marie à 45°C pendant 10 minutes ;
- Centrifuger les tubes à 5000 g à 4°C pendant 10 minutes (Figure 11) ;
- Récupérer le surnageant et augmenter le pH jusqu'à pH = 7 en ajoutant quelques gouttes de NaOH ;
- Mettre tous les extraits dans des tubes à essai et les conserver à 4°C ;



Figure 11 : L'extrait aqueux du yaourt après l'étape de centrifugation

VII.4. Activité antibactérienne

Méthode de diffusion sur gélose (méthode de puits)

➤ Principe

Elle repose sur le même principe que la méthode des disques. Elle consiste à réaliser des puits de 2,5 mm de profondeur dans l'épaisseur de la gélose.

Après ensemencement et séchage des boîtes de pétri, les puits sont comblés avec la solution d'antibiotique. Les souches sont mises à incuber à 37°C pendant 18 heures, mais souvent des résultats satisfaisants peuvent être obtenus dès la 6^{ème} heure. (Lassané, 1971)

➤ Mode opératoire (Djenane, 2012 ;Djenane et al.,2011 ; Hazzit et al., 2009)

Les souches bactériennes pathogènes utilisées sont *Escherechia coli* ATCC 29522 et *Salmonella thyphi* ATCC13311.

- Préparer des boîtes de Pétri contenant du milieu Mueller Hinton et perforer chacune d'entre elles pour créer des puits ;
- Ensemencer chaque boîte de manière aseptique avec la souche pathogène en appliquant un écouvillonnage ;
- Laisser les boites à température ambiante une demi-heure ;

- Ajouter dans chaque puits 50µl de l'extrait de yaourt (extrait de yaourt témoin, de caroube, de myrte, et de mélange de deux fruits) ;
- Incuber les boîtes dans une étuve à 37°C pendant 24 heures ;
- Après incubation, observer les boîtes de Pétri et mesurer les zones d'inhibition.

VIII. Les activités biologiques

VIII.1. DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) (Brand-Williams et al., 1995)

- Peser 3.5mg de DPPH et le dissoudre dans 140ml de méthanol ;
- Dans des tubes à essai, ajouter 2,5 ml de cette solution dans 500 µl d'extrait de yaourt dans chaque tube ;
- Incuber les tubes dans l'obscurité pendant 1 heure ;
- À l'aide d'un spectrophotomètre, mesurer l'absorbance à une longueur d'onde de 517 nm ;
- Pour le control, il suffit de suivre les mêmes étapes en remplaçant l'extrait de yaourt par de l'eau distillée.
- Pour le blanc, utiliser juste le méthanol.

➤ Expression des résultats :

Activité d'inhibition (%) = $1 - (\text{Absorbance d'échantillon} / \text{Absorbance de control}) \times 100$
(Reference).

VIII.2. Chélation du fer ferreux "FerrousIronChelating/FIC " (Kim et al., 2019 avec modification)

- Dans des tubes à essai, mettre 250 µl d'extrait de yaourt et 250 µl d'un tampon de pH = 6.6 avec une concentration de 0.2 M ;
- Ajouter 250 µl de ferrocyanure ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) ;
- Incuber les tubes dans un bain-marie à 50 °C pendant 20 minutes ;
- Ensuite, ajouter 250 µl d'acide trichloroacétique à 10 % ;
- Centrifuger pendant 20 minutes à 4000 tours par minute ;

- Prélever 500 µl de surnageant et les transférer dans d'autres tubes à essai ;
- Ajouter 500 µl d'eau distillée et 100 µl de FeCl₃ à 0,1 % ;
- À l'aide d'un spectrophotomètre, lire l'absorbance à une longueur d'onde de 700 nm.

Pour le blanc, utiliser le tampon de pH = 6.6.

VIII.3. Contenu Total en Polyphénols "Total Polyphenol Content/TPC " (Shori et Baba, 2013)

- Dans des tubes à essai, mettre 1ml d'extrait de yaourt, 1 ml d'éthanol, 5ml d'eau distillée et 500 µl de réactif de Folin (1:1) ;
- Incuber les tubes dans l'obscurité pendant 5 minutes ;
- Ajouter 1 ml de solution de Na₂CO₃(carbonate de sodium) à 5% ;
- Incuber les tubes dans l'obscurité pendant 1 heure ;
- À l'aide d'un spectrophotomètre, lire l'absorbance à une longueur d'onde de 725 nm.
- Après avoir obtenu les valeurs d'absorbances, faire une courbe d'étalonnage de l'acide gallique à partir des concentrations connus en mesurant leurs absorbances.
- En basant sur l'équation de la courbe linéaire, déterminer la quantité d'acide gallique de chaque échantillon (µg GAE/ml) ce qui reflète la teneur en composés phénoliques.

IX. Qualités organoleptiques

IX.1. Dosage des protéines par la méthode de Lowry (Papadaki et Roussis, 2022)

Tout d'abord, il faut préparer une solution de Lowry fraîche en mélangeant d'une solution de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à 2 % avec d'une solution de CuSO₄.5H₂O à 0,5 % (50 v/1v) dans du KNa-tartrate·2H₂O à 1 % (50 volume de Na₂CO₃ /1 volume de CuSO₄.5H₂O) ;

- Dans des tubes à essai, diluer l'extrait de yaourt au quintuple (0.25ml d'extrait + 1ml de l'eau distillée);
- Ajouter 1.25 ml de la solution de Lowry ;
- Maintenir le mélange dans l'obscurité à température ambiante pendant 10 minutes ;
- Ensuite, ajouter 0.25 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué (1 M) ;

- Maintenir à nouveau les tubes dans l'obscurité à température ambiante pendant 30 minutes ;
- En utilisant un spectrophotomètre, mesurer l'absorbance à 750 nm.
- Pour le blanc, suivre les mêmes étapes en remplaçant l'extrait de yaourt par 0.25 ml d'eau distillée.
- Tracer une courbe d'étalonnage de BSA (albumine sérique bovine) en utilisant des concentrations connues de BSA et en mesurant leurs absorbances.
- En se basant sur l'équation de la courbe d'étalonnage et les valeurs d'absorbance des extraits, déterminer la concentration de protéines inconnues dans les échantillons.

IX.2. Test de la synérèse (Shori et al., 2020)

- Tout d'abord, peser chaque pot de yaourt avec précaution sans perturber la surface du yaourt;
- Maintenir les pots de yaourt à un angle de 45° pendant 2 heures à une température de 5°C ;
- Retirer le petit lait de la surface à l'aide d'une seringue ;
- Repeser les pots de yaourts ;

Le calcul de la synérèse se fait selon la formule suivante :

$$\text{Synérèse (\%)} = (\text{petit lait perdu} / \text{poids de l'échantillon}) \times 100$$

IX.3. Capacité de rétention d'eau "Water Holding Capacity /WHC « (Shori et al., 2020)

- Peser un tube vide de centrifugation ;
- Transférer les yaourts dans les tubes de centrifugation et les peser à nouveau ;
- Centrifuger les tubes à 9500 tours par minute (à 10 °C) pendant 40 minutes ;
- Drainer le surnagent et peser les tubes ;

➤ Le calcul de WHC se fait selon la formule suivante :

$$\text{WHC (\%)} = (\text{poids du précipité} / \text{poids de l'échantillon}) \times 100$$

IX.4. Solides totaux (Shori et al., 2020)

- Sur une feuille d'aluminium, peser 3g de yaourt ;

- Sécher le yaourt dans un four à 100°C pendant 5 heures ;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur contenant du chlorure de cobalt (II) afin de le protéger de l'humidité, puis enregistrer les poids finaux.

- Le calcul de total solides se fait selon la formule suivante :

Total solides (%)= (poids de l'échantillon après séchage / poids de l'échantillon avant séchage) × 100.

X. Analyse sensorielle (Shori, 2020 avec modification)

Après le 1er, 7ème, 14ème et 21ème jour de conservation, nos yaourts témoins ainsi que ceux à base de caroube, de myrte et du mélange des deux fruits ont été dégustés par un groupe de 10 personnes (âgées de 20 à 50 ans).

Chaque échantillon a été évalué en termes de texture, de consistance, d'arôme et de goût par chaque personne du groupe, et une note sur 10 a été attribuée à chaque critère, ainsi qu'une note globale.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. Analyses physico-chimiques et microbiologique

I.1. Examen microscopique (Coloration de Gram)

L'aspect microscopique de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* après coloration de Gram montre que les *Lactobacillus bulgaricus* apparaissent sous forme de bâtonnets, tandis que les *Streptococcus thermophilus* se présentent sous forme de cocci.

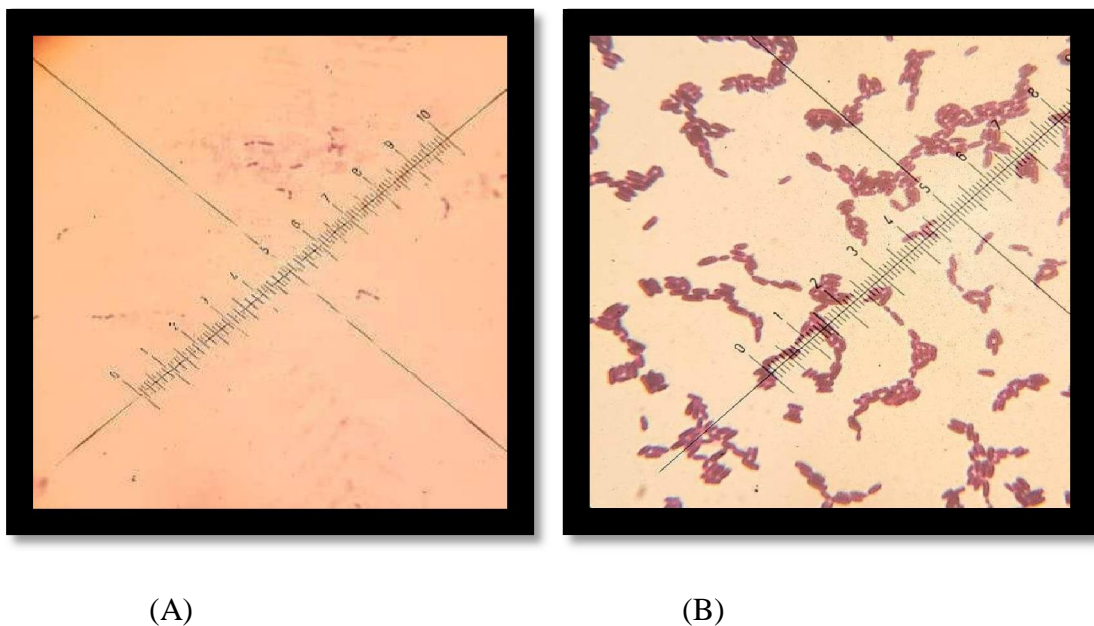


Figure 12: Observation microscopique des bactéries : (A) *Streptococcus thermophilus* et (B) *Lactobacillus bulgaricus* (coloration de Gram) (X100).

I.2. Dénombrement des bactéries lactiques

Le dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus* se fait en utilisant le milieu MRS, tandis que le dénombrement de *Streptococcus thermophilus* se fait en utilisant le milieu M17 (Elsanhoty et Ramadan, 2018)

I.2.1. Dénombrement des bactéries lactiques sur le milieu MRS

L'historgramme ci-dessous (13) présente l'évolution de la croissance des bactéries lactiques, en particulier *Lactobacillus bulgaricus* sur milieu MRS durant la période de conservation.

Dans le yaourt témoin, le dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus* commence à 5,03 log₁₀(UFC/ml) et augmente progressivement au fil du temps jusqu'au 7^{ème} jour avec une concentration de 6,11. Cette augmentation qui est due au fait que ces bactéries lactiques se nourrissent du lactose présent dans le lait en transformant lactose en acide lactique (Shori, 2020) qui diminue le pH et dans ce cas le milieu devient favorable pour la croissance des bactéries lactiques. Ensuite, elle diminue au 14^{ème} jour pour atteindre 4,38, cette diminution peut être expliquée par une phase de déclin qui est due à l'accumulation des métabolites, puis augmente à nouveau pour atteindre 6,45 au 21^{ème} jour.

Le dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus* dans le yaourt à base de caroube augmente progressivement au cours des premiers jours de conservation. Au premier jour, elle était de 5,31 et atteint son maximum au 7^{ème} jour avec une concentration de 6,46. Cette augmentation est due à la fermentation de lactose en produisant de l'acide lactique (Shori et al., 2020), cette croissance a été aussi favorisée par les nutriments fournis par la caroube tel que des glucides et des fibres (Brassesco et al., 2021) qui fournissent aux bactéries riche en nutriments et favorable pour la croissance. Par la suite, la concentration diminue le 14^{ème} jour pour atteindre 4,3 qui est due à une phase de déclin et changements des conditions du milieu qui deviennent défavorables. Une légère augmentation de la concentration est observée au 21^{ème} jour, atteignant 4,8, probablement il est dû au fait que certaines bactéries lactiques revivifier et redevenir actifs en utilisant leurs métabolites, en particulier l'utilisation d'une source de carbone importante qui est le glucose présent dans le caroube (Brassesco et al., 2021).

Pour le yaourt à base de myrte, la concentration de *Lactobacillus bulgaricus* commence à 5,37 et augmente progressivement au fil du temps jusqu'à atteindre son maximum au 7^{ème} jour avec une concentration de 6,23 qui est due à la fermentation de lactose et les nutriments fournis par le myrte (Bouchenak et al., 2020) qui créent des conditions favorables pour la croissance des bactéries lactiques. Ensuite, la concentration diminue pour atteindre 3,9 au 21^{ème} jour qui est expliqué par une phase de déclin et l'accumulation de déchets.

Dans le yaourt à base de caroube et de myrte, on a constaté que la concentration atteint son maximum au 7^{ème} jour avec une concentration de 6,33 cela est due à la présence d'un milieu riche en nutriments fournis par le lait (Robinson, 2005) et la caroube et le myrte qui favorise la croissance bactérienne, puis elle a diminué au 14^{ème} jour pour atteindre 4 en raison d'une

phase de déclin. Ensuite, elle a augmenté à nouveau pour atteindre 5,17, cette augmentation est due à un effet synergétique qui n'empêche pas les bactéries lactiques à utiliser le glucose de la caroube comme source de carbone (Brassesco et al., 2021).

En comparant le yaourt témoin et les yaourts à base de fruits, on a constaté une augmentation significative du dénombrement des bactéries lactiques pendant la dernière période de conservation de yaourt témoin par rapport aux yaourts à base de fruits qui était inférieur à celui de témoin. Cela confirme le rôle conservateur des fruits qui limitent la croissance des bactéries lactiques.

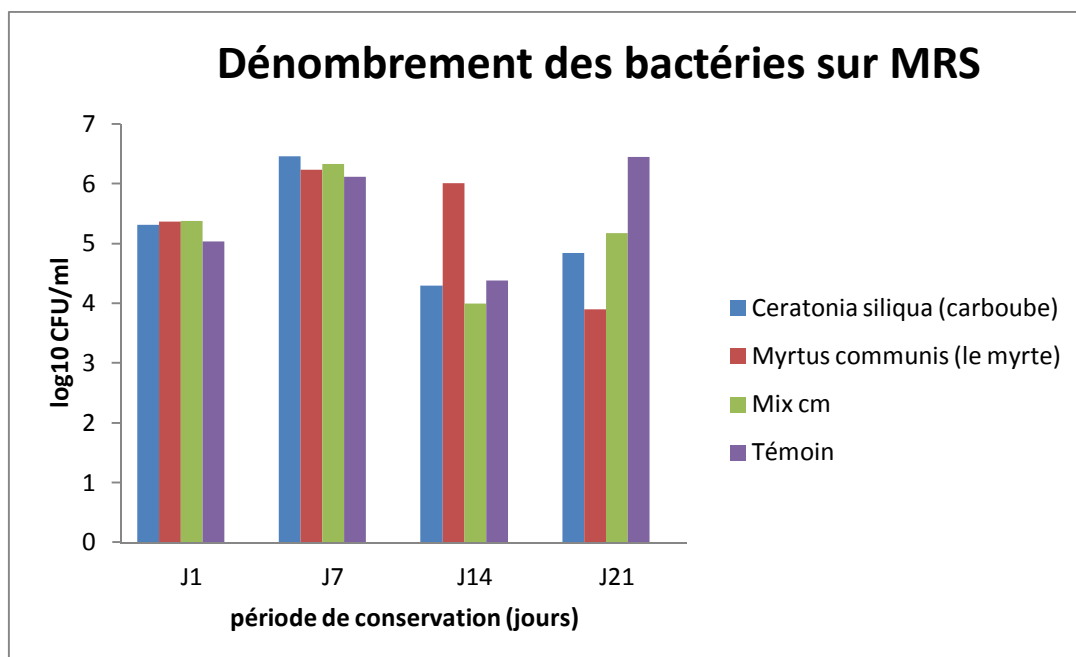


Figure 13 : Evolution de la croissance des bactéries lactiques, en particulier *Lactobacillus bulgaricus* sur milieu MRS durant la période de conservation.

I.2.2. Dénombrement des bactéries lactiques sur M17

L'histogramme ci-dessous présente l'évolution de la croissance des bactéries lactiques, en particulier *Streptococcus thermophilus* sur le milieu M17 durant la période de conservation.

Durant la période de conservation le dénombrement des *S. thermophilus* a connu une augmentation significative au cours 21 jours dans tous les échantillons.

Tous les échantillons ont atteint le maximum de la croissance bactérienne dans le 21 jour.

Le yaourt à base de caroube a atteint : 8.63 log₁₀(UFC/ml).

Le yaourt à basemyrte : 8.69 log₁₀(UFC/ml).

Le yaourt à basemyrte et caroube a atteint : 8.61 log₁₀(UFC/ml).

Le témoin a atteint : 9.2 log₁₀(UFC/ml).

Cette augmentation de dénombrement durant la période de conservation 21 jours est expliquée que les bactéries lactiques en particulier *S. thermophilus* étaient encore en fermentation et en multiplication (Robinson, 2005).

En comparant les résultats, on a constaté que le témoin a connu une augmentation importante par rapport aux yaourts à base de fruits, où le dénombrement était inférieur. Cela nous confirme le rôle des fruits en tant que conservateur du yaourt.

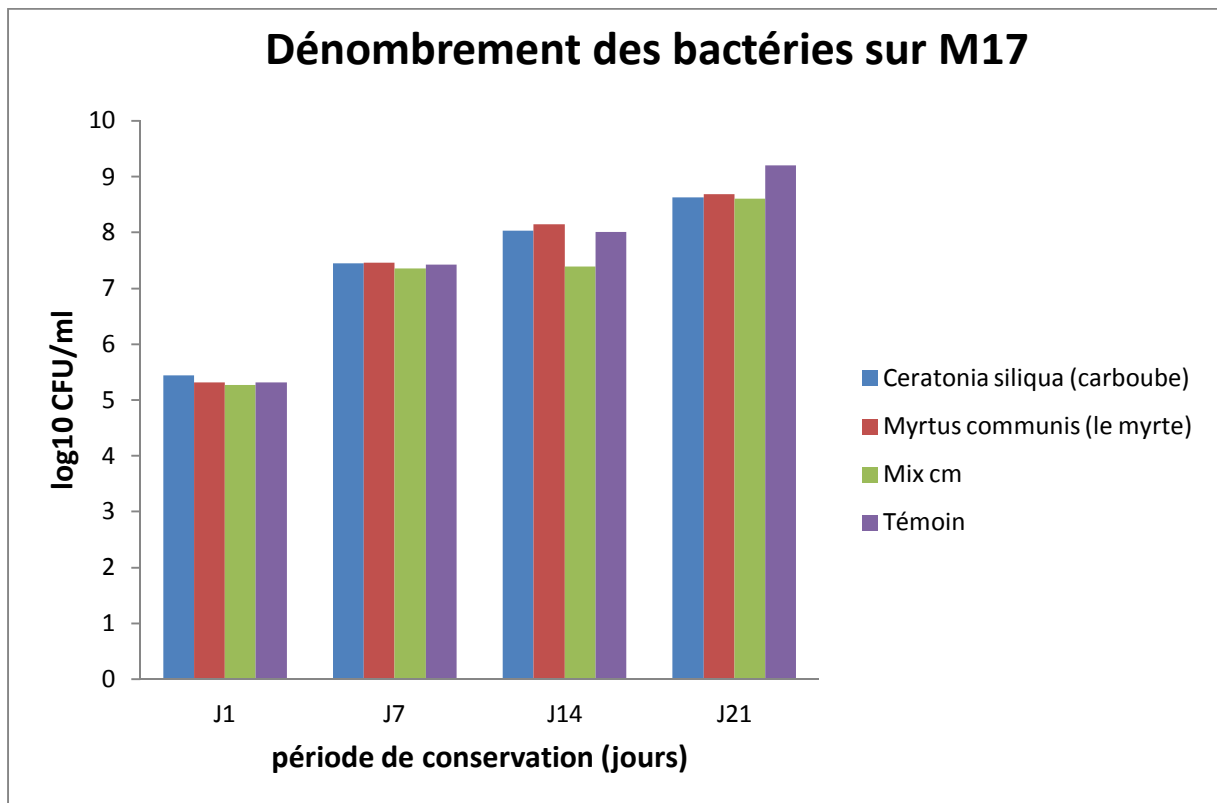


Figure 14 : Evolution de la croissance des bactéries lactiques, en particulier *Streptococcus thermophilus* sur le milieu M17 durant la période de conservation.

I.3.Mesure de pH

Les valeurs de pH entre 4 et 4,4 sont considérées comme nécessaires pour obtenir une saveur et une texture optimales dans les yaourts de bonne qualité (Kang et al., 2019).

La figure ci- dessous présente les résultats de la mesure du pH du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

On a remarqué que durant la période de conservation du yaourt témoin, il y a une diminution du pH de 4.19 jusqu'au 14^{ème} jour où il atteint 4,09. Ensuite, il y a une augmentation légère jusqu'à 4,12 le 21^{ème} jour.

Les trois autres types de yaourts, à base de caroube, de myrte et de deux fruits, ont montré une évolution décroissante pendant toute la période de conservation de 1 jour jusqu'au 21^{ème} jour où ils ont atteint :

4,02 pour le yaourt à base de caroube

3,99 pour le yaourt à base de myrte

4,01 pour le yaourt à base de deux fruits

Cette diminution du pH pendant la période de conservation est due à la fermentation lactique qui est la transformation du lactose en acide lactique par les bactéries lactiques (Kim et al., 2019) Cette accumulation de d'acide lactique provoque la diminution de pH.

Concernant le yaourt à base de deux fruits (caroube et myrte) a donné un effet antagonisme pour le myrte et un effet synergétique pour la caroube.

Les valeurs de pH des yaourts à base de fruits ont été comparées à celles du yaourt témoin, et il a été constaté que les valeurs des yaourts à base de fruits étaient légèrement inférieures à celles du yaourt témoin pendant toute la période de conservation. Cette observation met en évidence l'influence des fruits sur l'activité bactérienne, et la diminution du pH peut être attribuée à la présence de molécules acides dans la caroube et le myrte (Waksmundzka-Hajnos et Sherma, 2010; Wannan et Marzouk, 2016).

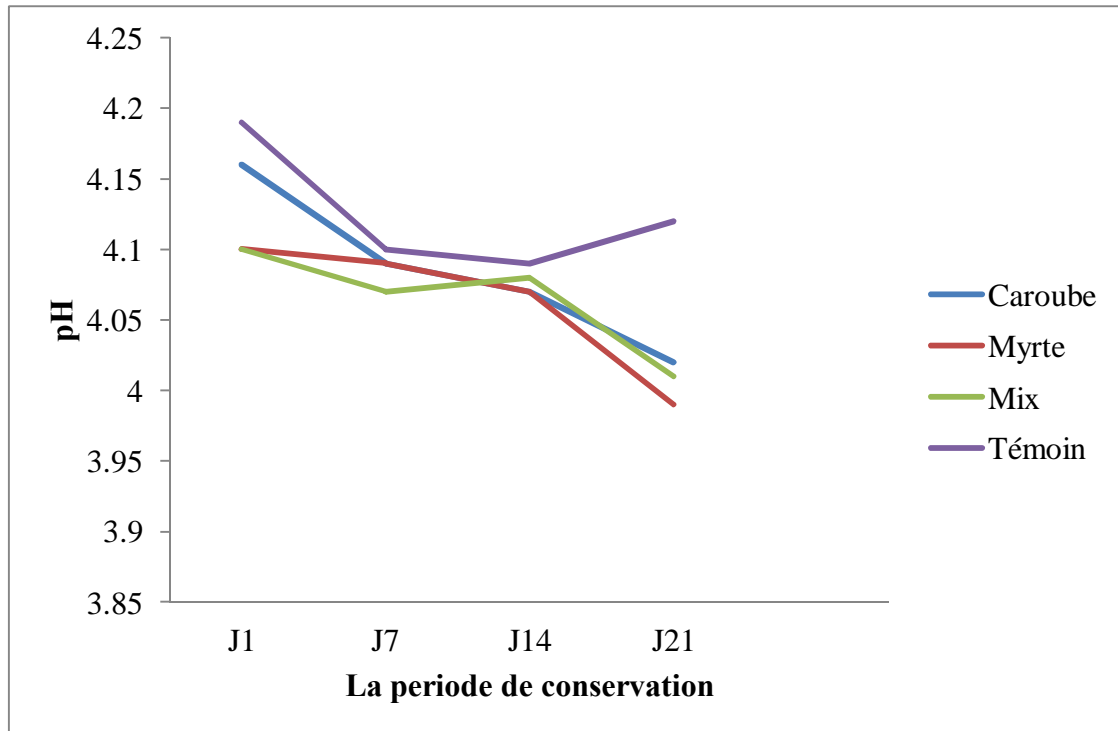


Figure 15 : Evolution de pH du yaourt témoin et yaourt avec extrait de caroube et myrte durant 21 jours

I.4. Acidité Dornic

La figure ci-dessous (16) présente les résultats de l'acidité Dornic du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Durant la première période de conservation du yaourt témoin, on a constaté une stabilité du degré Dornic de premier jour jusqu'au le 7eme jour (162,1 °D), suivie d'une augmentation jusqu'à 185,5°D il atteint 185,5°D le 21e jour.

Une augmentation significative a été observée pendant la période de conservation du yaourt avec l'extrait de myrte, débutant à 154,9°D le premier jour et atteignant 196,3°D le 21 jour

En revanche, pour le yaourt au caroube, une légère augmentation a été observée à partir de 154,9°D le premier jour, atteignant 162,1°D le 14e jour, puis une augmentation importante jusqu'à 181,9°D le 21e jour.

Cette augmentation de degré Dornic est due à l'augmentation de la croissance des bactéries lactiques, ce qui a été confirmé par la diminution de pH.

Pour le yaourt contenant l'extrait de caroube et de myrte, on a observé une stabilité jusqu'au 14e jour avec une valeur de 163,9°D cette stabilité joue un rôle primordial dans la conservation de yaourt, malgré la diminution pH qui est due à la présence des molécules acide dans caroube et myrte. Ensuite, une augmentation significative atteignant 180,1°D le 21e jour.

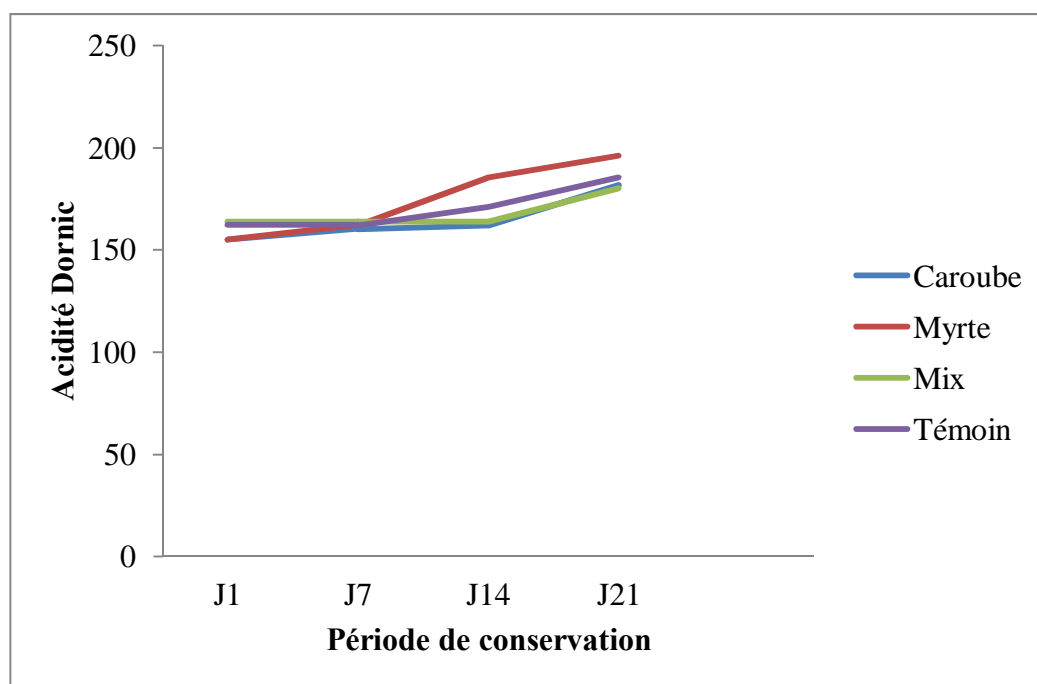


Figure 16 : Evolution de l'acidité Dornic du yaourt témoin et yaourt avec extrait de caroube et myrte durant 21 jours.

II. Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de tous les types de yaourts était négative contre *Escherichia coli* et *Salmonella typhi*, malgré la caroube et le myrte (Fidan et al., 2019 ; Amensour et al., 2010) sont connus pour leur activité antibactérienne. Cependant, cela peut être interprété par la faible concentration de l'extrait aqueux utilisé dans notre étude, qui était de 10%.

III. Les activités biologiques

III.1. Contenu Total en Polyphénols "Total Polyphenol Content/ TPC"

Les résultats obtenus pour le TPC (figure 17) ont été exprimés via la courbe d'étalonnage de l'acide gallique et la mesure des densités optiques sur l'équation d'étalonnage. Toutes les valeurs sont exprimées en équivalent d'acide gallique en $\mu\text{g/ml}$ GEA.

Durant la période de conservation du yaourt témoin, une diminution négligeable a été observée, passant de $59,33 \mu\text{g/ml}$ le premier jour à $58,33 \mu\text{g/ml}$ le septième jour à cause de la décomposition des composés polyphénoliques. (Shori, 2020), puis une augmentation jusqu'à $81 \mu\text{g/ml}$ le quatorzième jour, suivie d'une baisse jusqu'à $61 \mu\text{g/ml}$ le vingt-et-unième jour.

Pour le yaourt à base de caroube, une augmentation significative a été remarquée, débutant à $107 \mu\text{g/ml}$ et atteignant son pic au quatorzième jour avec $138,67 \mu\text{g/ml}$, ce qui est également lié à une augmentation du DPPH.

En ce qui concerne le yaourt à base de myrte, une augmentation importante a également été constatée, atteignant $105,67 \mu\text{g/ml}$ au quatorzième jour, puis diminuant pour atteindre $83,3 \mu\text{g/ml}$ au vingt-et-unième jour.

En ce qui concerne le mélange de myrte et de caroube, une valeur très élevée a été observée dès le premier jour, atteignant $124,67 \mu\text{g/ml}$, puis le TPC a commencé à diminuer pour atteindre $81,67 \mu\text{g/ml}$ au septième jour. Ensuite, une deuxième augmentation a été observée jusqu'à $98,67 \mu\text{g/ml}$, suivie d'une nouvelle baisse le vingt-et-unième jour avec une valeur de $93 \mu\text{g/ml}$.

L'augmentation progressive du TPC "Total Phenolic Content" dans tous les yaourts pendant la conservation s'est produite en raison de la protéolyse des protéines du lait, ce qui a libéré des acides aminés avec des chaînes latérales phénoliques. De plus, le métabolisme des microbes, qui ont pu produire de nouveaux acides phénoliques en utilisant des composés phénoliques tels que l'acide férulique et l'acide p-coumarique, pourrait contribuer à l'augmentation du TPC (Kim et al., 2019).

La diminution du TPC est principalement peut s'expliquer par l'action des bactéries du yaourt pendant la conversation réfrigéré qui décomposent les composés polyphénolyque. (Shori, 2020)

La différence entre les valeurs du yaourt témoin et du yaourt à base de fruits s'explique par la présence de molécules poly phénoliques qui sont plus abondantes dans le yaourt à base de fruits ce qui confirme la richesse de caroube et de myrte en molécules polyphénolique (Boublenza et al., 2019; Nassar et al., 2010).

Selon les résultats de l'étude de Kim et al. (2019), la teneur la plus élevée en TPC était de $61,94 \pm 1,68$ g GAE/g dans les yaourts à 1% de feuille de lotus au 14e jour de son étude.

Cependant, nos résultats ont montré des valeurs plus élevées. Ce qui confirme que notre yaourt à base de ces fruits contient davantage de molécules polyphénoliques. De plus, l'utilisation concentration idéal qui a contribué à ces résultats.

Selon les résultats de l'étude de Shori (2020), les valeurs maximales de TPC ont été observées en présence de romarin, atteignant 82,89, d'aneth avec 43,82, et d'origan avec 85,12. Malgré l'utilisation de 11,8 % d'extrait aqueux de ces plantes, nos résultats étaient nettement supérieurs à ceux de l'étude en raison de la richesse en composés polyphénoliques dans la caroube et le myrte.

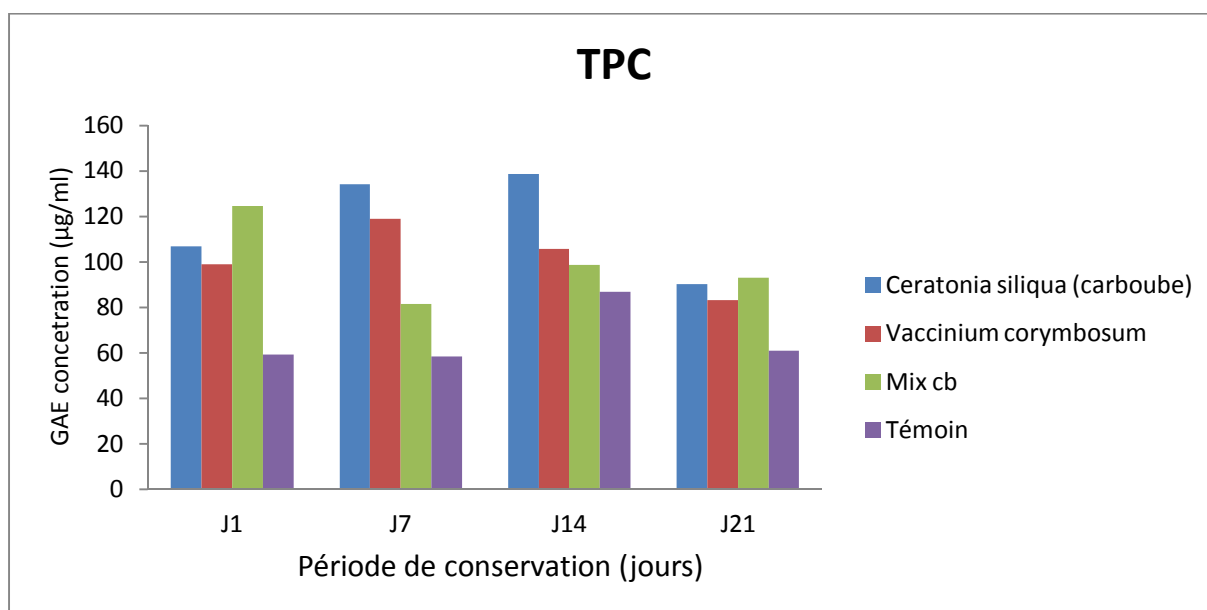


Figure 17 :Evolution de TPC au cours de la période de conservation.

III.2. DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)

La figure 18 présente les résultats des pourcentage d'inhibition de DPPH du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Durant la période de conservation des yaourts, une augmentation significative de l'activité antioxydante a été observée, avec une différence remarquable entre le yaourt témoin et les yaourts à base de fruits.

Pour le yaourt témoin, l'activité antioxydante a commencé à augmenter à partir du premier jour 14,72% atteignant son maximum au septième jour 19,27%, puis a diminué jusqu'au vingt-et-unième jour 16,65%.

En ce qui concerne le yaourt à base de caroube, on a constaté une augmentation progressive de l'activité antioxydante, passant de 63,94% le premier jour à 65,15% au septième jour, puis diminuant jusqu'à 47,33% au J21.

Pour le yaourt au myrte, l'activité antioxydant a commencé à 62,3%, puis a diminué progressivement jusqu'au vingt-et-unième jour, où elle a atteint 33,64%.

En ce qui concerne le mélange de caroube et de myrte, une augmentation significative de l'activité antioxydant a été observée, commençant à 47,82% et atteignant son maximum au quatorzième jour avec une valeur de 59,2%, puis elle a diminué jusqu'au 49,72%.

Le yaourt, même sans fruit, est une source riche de peptides bioactifs ayant une activité antioxydante, qui sont produits pendant la fermentation (Robinson, 2005)

Tous les échantillons présentaient des taux d'inhibition supérieurs au témoin.

L'augmentation de l'activité antioxydant est très probablement due à la présence de polyphénols dans les yaourts à base de caroube (Boublenza et al., 2019) et de myrte (Nassar et al., 2010).

Les résultats de (Kim et al., 2019) ont montré que La valeur la plus élevée de l'activité antioxydante a été observée après 7 jours de stockage dans du yaourt à base de feuilles de lotus à 1% est 58,37%. Cependant, nos propres résultats ont démontré une activité antioxydante supérieure grâce à la richesse de caroube et de myrte en molécules

polyphénoliques présentes dans la caroube et les myrtes, en utilisant une concentration idéal d'extrait aqueux qui était supérieure a 1 % ce qui a contribué à ces résultats positifs.

Des résultats similaires mais supérieurs ont été observé par Shori (2020), en incorporant cependant des extraits aqueux de plantes tels que le romarin, l'œnanthe, l'origan et le gingembre au yaourt. Des taux d'inhibitions de 90% ont été observé dès le 1^{er} jour. Cependant, cette différence peut être expliquée par le fait que des concentrations supérieures (11,8 %) des extraits ont été rajoutées lors de la préparation des yaourts.

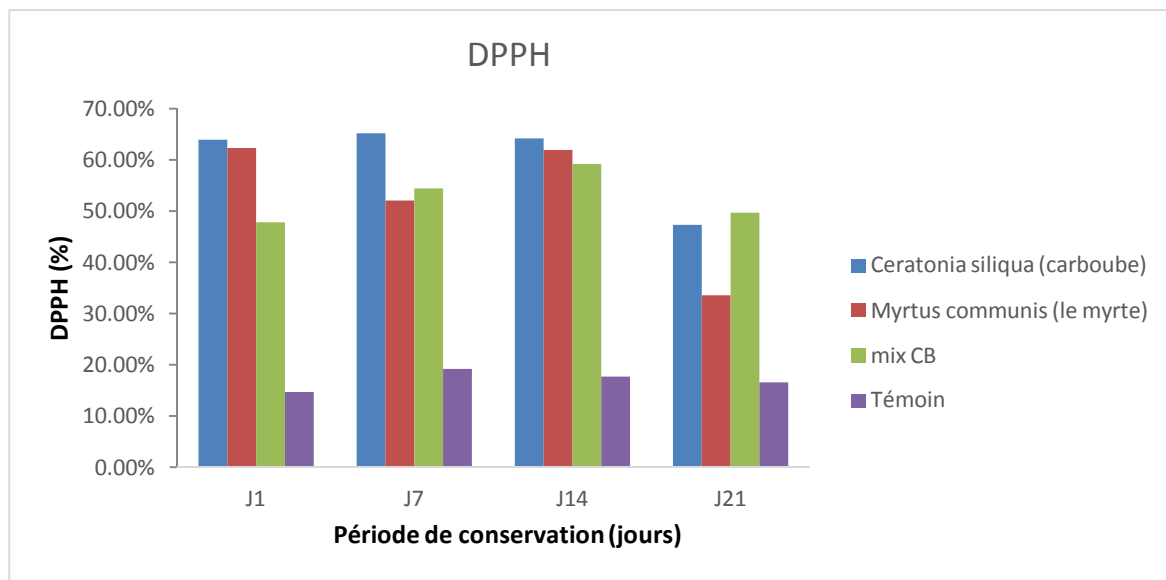


Figure 18 :Evolution de l'activité antioxydant DPPH au cours de la période de conservation.

III.3. Chélation du fer ferreux "FerrousIronChelating / FIC "

La figure 19 présente les résultats de FIC du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Durant la période de conservation du yaourt témoin, une augmentation a été observée, passant de 0,109 le premier jour à 0,326 au 14e jour, puis une diminution jusqu'à 0,24.

Pour le yaourt à base de caroube, une augmentation significative a été constatée, commençant à 0,429 et atteignant 0,625 le 7e jour, puis une diminution progressive jusqu'au 21e jour où il atteint 0,536.

En ce qui concerne le yaourt à base de myrte, il a donné une valeur de 0,238 le premier jour, puis une augmentation importante jusqu'à 0,523 au 14e jour, suivie d'une diminution le 21e jour avec une valeur de 0,348.

Le yaourt contenant le mélange des deux fruits, il a commencé avec une valeur de 0,372 le premier jour, puis a continué à augmenter jusqu'à 0,548 au 14e jour, avant de diminuer au 21e jour avec une valeur de 0,490.

L'augmentation de FIC au fil de temps est due à l'augmentation des composés chélateurs du fer ferreux présents dans le yaourt (Robinson, 2011)

Cette augmentation est remarquable dans le yaourt à base de caroube et de myrte, où ils ont donné des valeurs de FIC supérieures à celles du yaourt témoin. Cette différence est attribuée à la présence de composés chélateurs dans l'extrait de caroube et l'extrait de myrte, tels que les polyphénols (Nassar et al., 2010; Boublenza et al., 2019).

Cela a été confirmé par les valeurs de TPC, qui étaient supérieures à celles du yaourt témoin.

Cependant, au 21e jour, une diminution de la capacité de chélation est observée, ce qui peut être attribué à la dégradation des composés polyphénoliques.

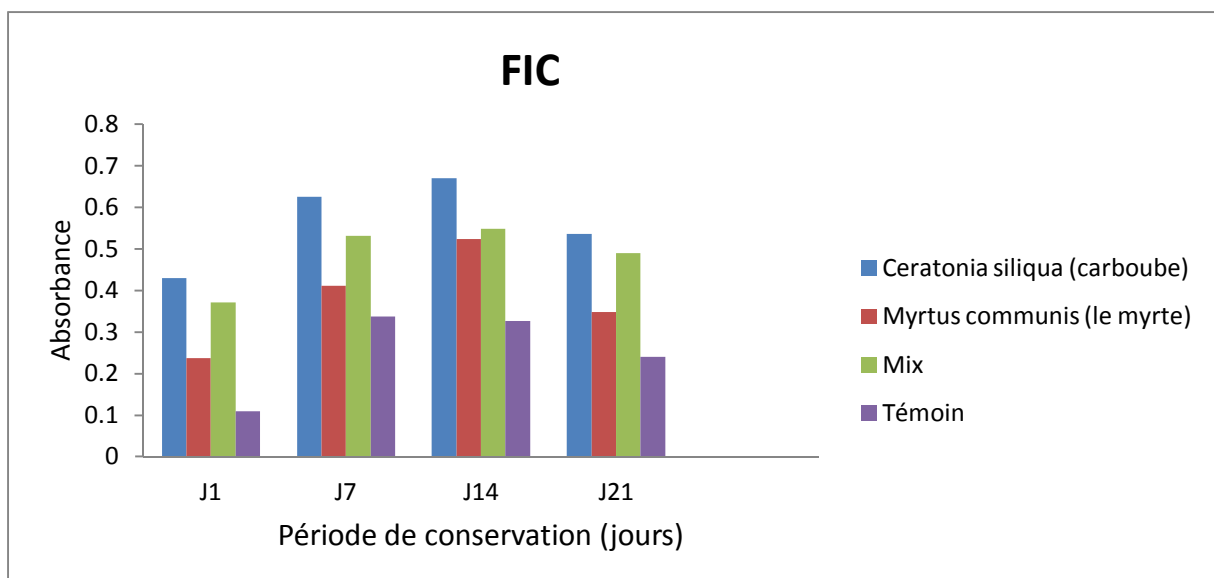


Figure 19 :Evolution de FIC au cours de la période de conservation.

IV. Qualités organoleptiques

IV.1. Dosage des protéines par la méthode de Lowry

La concentration de protéine a été mesurée durant une seule période de conservation du yaourt, au 14^e jour.

La figure 20 représente les résultats du dosage des protéines du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Une différence remarquable a été constatée dans la teneur en protéine entre le yaourt témoin et les yaourts à base de caroube et de myrte, ainsi que dans le yaourt mix à base de caroube et de myrte combinées.

Le yaourt témoin présentait une teneur en protéines de 0,5523 mg/ml de BSA.

Yaourt à base de caroube présentait une teneur en protéines de 1,951 mg/ml de BSA..

Yaourt à base de myrte présentait une teneur en protéines de 2,0251 mg/ml de BSA..

Yaourt à base de caroube et de myrte présentait une teneur en protéines de 1.501 mg/ml de BSA..

La quantité de protéines dans le yaourt témoin est principalement due aux protéines du lait, qui constituent l'ingrédient de base du yaourt (Robinson, 2011).

En comparant les résultats, nous avons observé que la teneur en protéines des yaourts à base de fruits était plus élevée que celle du yaourt témoin. Cela peut s'expliquer par le fait que ces fruits sont considérés comme une source de protéines végétales, ce qui contribue à une augmentation de la teneur en protéines dans le yaourt (Waksmundzka-Hajnos et Sherma, 2010; Nassar et al., 2010).

Le yaourt à base des deux fruits a connu une légère diminution de la teneur en protéines par rapport aux yaourts à base de caroube et de myrte individuellement. Cela peut être dû à l'interaction entre les composés des deux fruits, favorisant ainsi la dégradation des protéines.

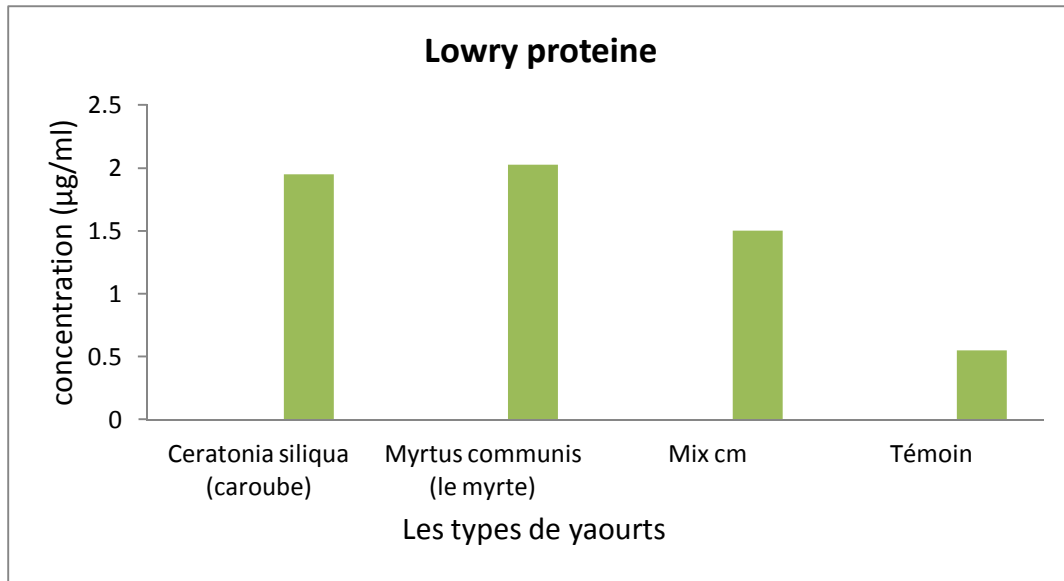


Figure 20 : Teneur en protéines de trois types de yaourt par rapport au témoin.

IV.2. Synérèse

La figure 21 représente les résultats de la synérèse du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Les résultats de synérèse indiquent la quantité de séparation de liquide observée dans les échantillons de yaourt.

Le yaourt témoin présente un taux de synérèse relativement faible de 7%, ce qui reflète une texture stable. Cela indique que le yaourt témoin a une bonne capacité de rétention d'eau et une stabilité du gel.

Le yaourt à base de caroube présente un taux de synérèse de 9,96%, ce qui indique que l'ajout de caroube influence la stabilité du yaourt. La présence de caroube peut affecter la structure de yaourt, entraînant une légère augmentation de la séparation de liquide.

En ce qui concerne le yaourt à base de myrte, son taux de synérèse est de 10,04%, légèrement supérieur à celui du yaourt à base de caroube. Cela suggère que les myrtes ont un impact sur la stabilité du yaourt, entraînant une séparation légèrement plus élevée de liquide.

Cette influence négative des deux fruits peut être interprétée par la présence des molécules acide qui dénaturent les fibres de protéines du lait (Kalyas et Ürkek, 2020).

En revanche, le yaourt à base de caroube et de myrte présente un taux de synérèse de 5,97%, le plus bas parmi les échantillons. Cela indique que le mélange de myrte et de caroube donne des ingrédients qui améliorent la qualité du yaourt en réduisant la séparation de liquide et en assurant une bonne stabilité ce qui donne un effet synergétique.

En comparaison avec le yaourt témoin, le yaourt à base du mélange des fruits joue un rôle important dans l'amélioration de la stabilité et de la texture du yaourt en réduisant la séparation de liquide. Il est donc bénéfique d'ajouter à la fois des myrtes et de la caroube pour améliorer la stabilité du yaourt et obtenir une texture plus stable et cohérente.

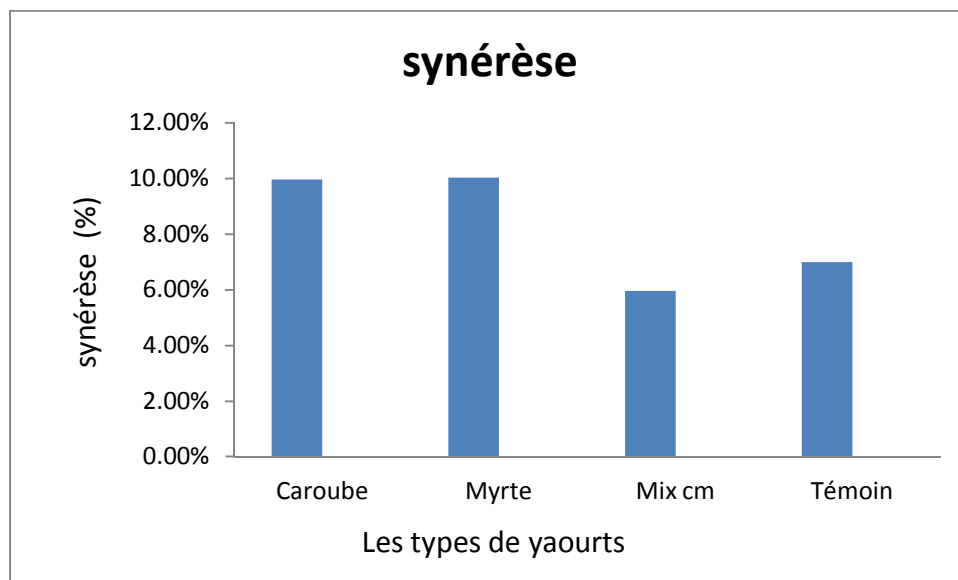


Figure 21 : Résultats de la synérèse de trois types de yaourt par rapport au témoin.

IV.3. Capacité de rétention d'eau "Water Holding Capacity / WHC "

WHC est lié à la capacité d'une protéine à retenir l'eau dans la structure du gel de yaourt qui est une propriété essentielle en technologie alimentaire (Kim et al., 2019).

La figure 22 présente les résultats de WHC du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Le yaourt témoin représente 34.77 %

Le yaourt à base de caroube représente 29 %

Le yaourt à base de myrte représente 27 %

Le mélange entre myrte et de caroube donne 28 %

Il a été constaté que la teneur en WHC des yaourts témoins est légèrement supérieure à celle des yaourts à base de fruits. Cette différence négligeable est attribuée à la concentration d'extrait aqueux de fruits, malgré laquelle le yaourt a conservé sa texture.

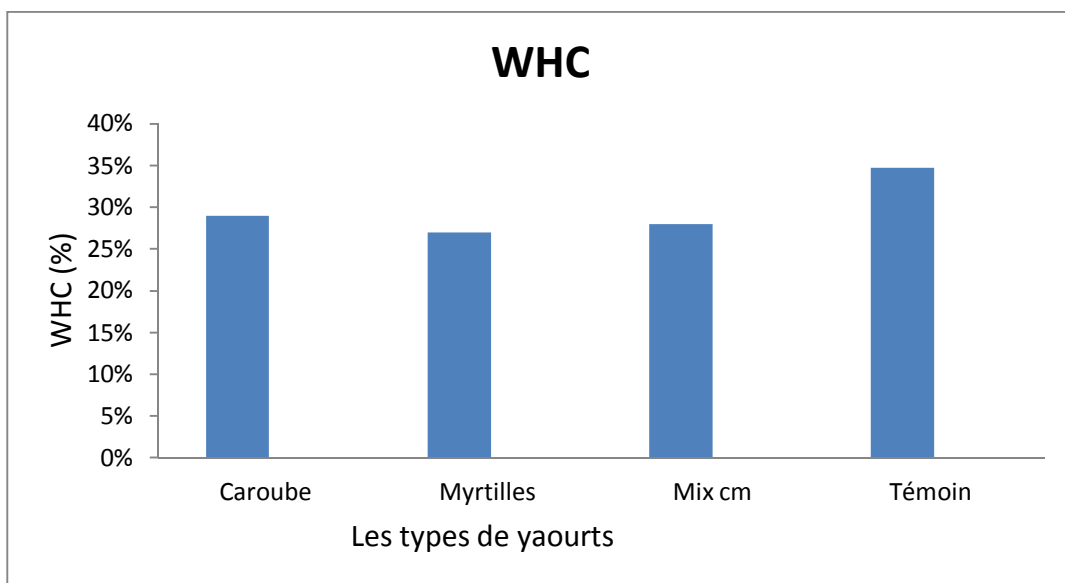


Figure 22 : La capacité de rétention d'eau de trois types de yaourts par rapport au témoin.

IV.4. Solide totaux

La figure 23 présente les résultats de solides totaux du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Le yaourt témoin, avec une teneur en solides totaux de 17%. Cela signifie qu'il contient une quantité importante de matières solides.

En revanche, le yaourt à base d'extrait aqueux de caroube affiche une teneur en solides totaux de 16,5%, et le yaourt à base d'extrait aqueux de myrte présente une teneur en solides totaux

de 15,5%. Finalement, le yaourt à base d'un mélange d'extrait aqueux de caroube et de myrte a une teneur en solides totaux de 16%.

Une différence négligeable a été constatée. Cela suggère que l'ajout d'extrait aqueux de fruit dans la formulation du yaourt a eu un effet minime sur la concentration de matières solides non volatiles. Par conséquent, le yaourt conserve toujours une bonne densité nutritionnelle et une texture agréable.

Selon l'étude menée par Shori (2021), deux extraits aqueux ont été ajoutés séparément au yaourt : l'extrait aqueux de *P. guajava* (goyave) et l'extrait aqueux de *M. grosvenori* (monkfruit). Les résultats des tests de solides totaux ont montré une teneur de 13,4% pour l'extrait aqueux de goyave et 13,5% pour l'extrait aqueux de monkfruit.

Cependant, nos propres résultats ont révélé des teneurs en solides totaux supérieures à celles de l'étude précédente, ce qui suggère une meilleure concentration de matières solides.

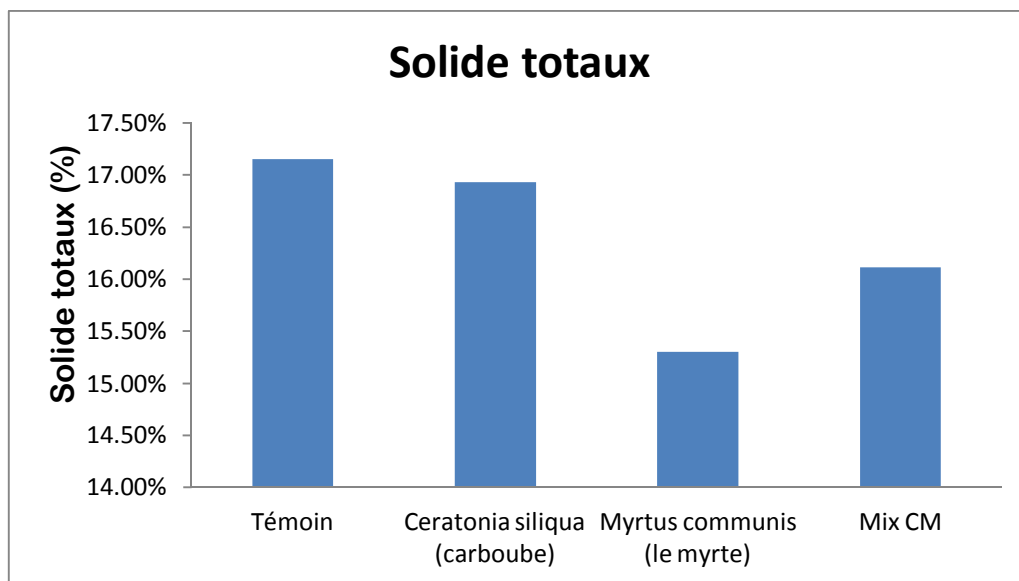


Figure 23 : Test de solide totaux de trois types de yaourt par rapport au témoin.

V. Analyse sensorielle

Les figures 24, 25, 26, 27 présentent les résultats de l'analyse sensorielle du yaourt témoin ainsi que ceux du yaourt à base de l'extrait de caroube, de myrte et du mélange de deux fruits.

Il a été constaté que toutes les notes attribuées aux yaourts à base de caroube, de myrte et du mélange des deux étaient supérieures à celles attribuées au yaourt témoin, d'après les résultats de l'analyse sensorielle. Cela suggère que la perception sensorielle du yaourt en termes de goût, de texture, de consistance et d'arôme a été améliorée grâce à l'ajout de ces ingrédients, ce qui a entraîné une meilleure note globale.

Cependant, au jour 21, une légère acidité observée dans le yaourt témoin. Cela peut être attribué à une acidification accrue due à la présence de bactéries lactiques, ce qui est confirmé par les résultats du dénombrement bactérien qui ont montré une augmentation des bactéries lactiques dans le yaourt témoin.

Ces résultats suggèrent que l'ajout de la caroube et du myrte dans le yaourt a contribué à prévenir une acidification excessive, préservant ainsi la qualité sensorielle du produit. De plus, ces ingrédients ont joué un rôle conservateur en maintenant la fraîcheur et la saveur du yaourt.

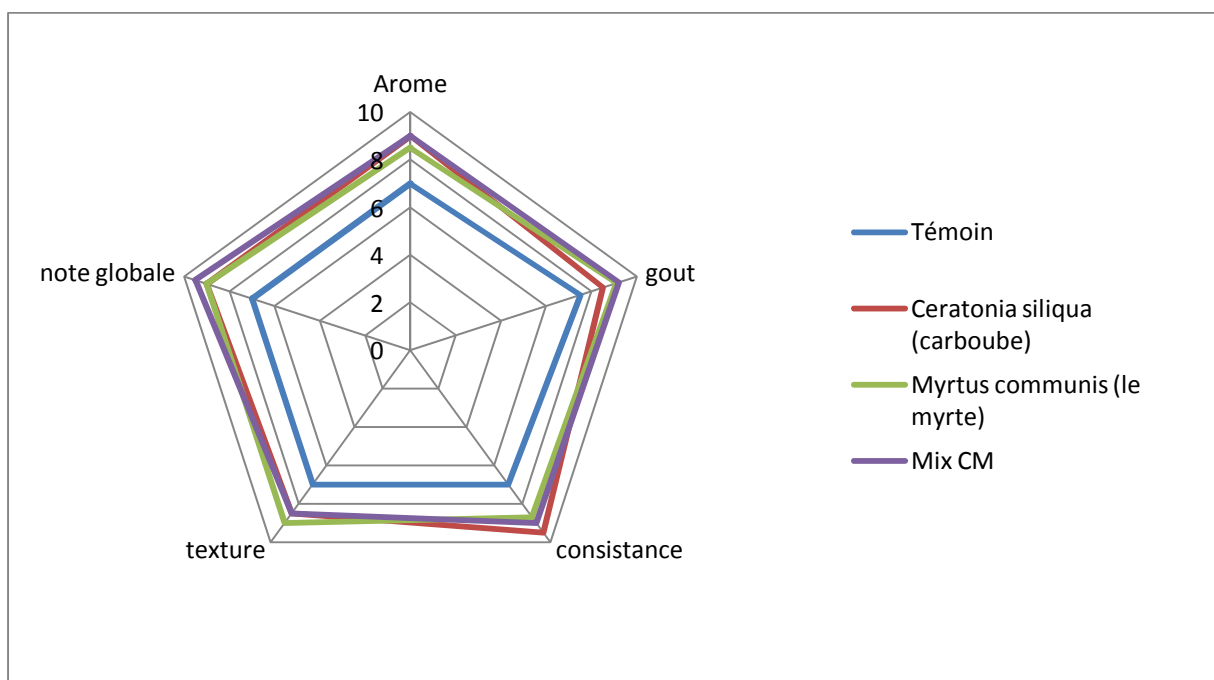


Figure 24 : Analyse sensorielle du 1 jour.

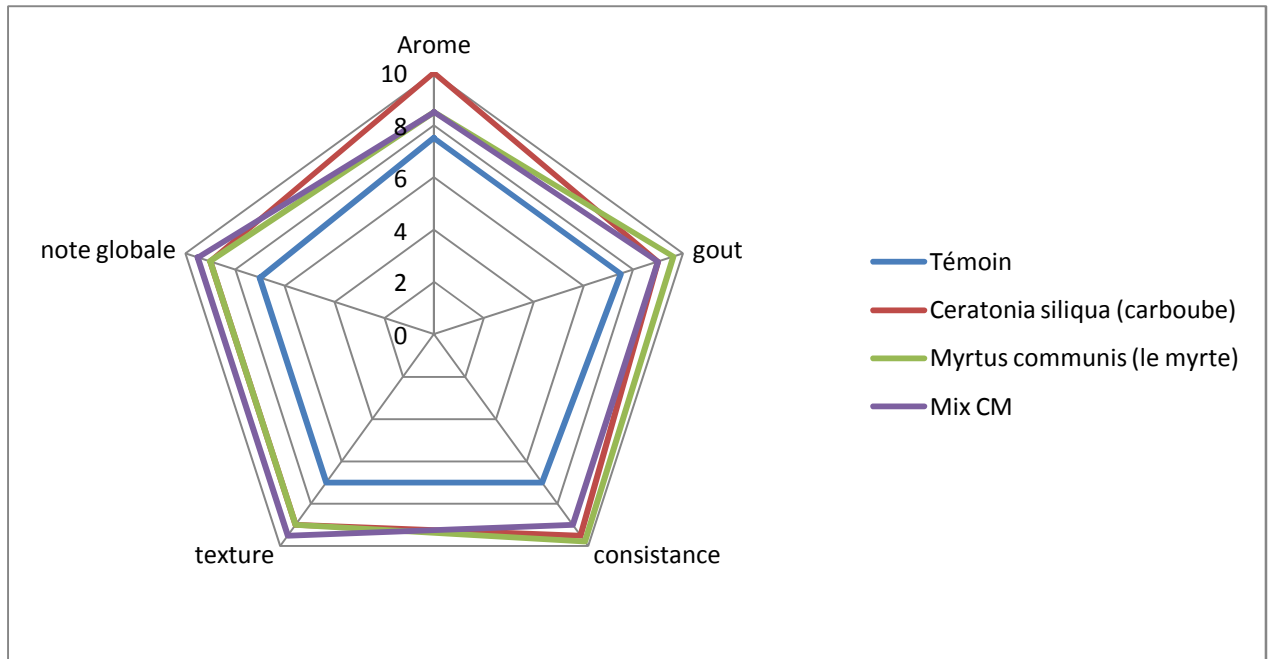


Figure 25 : Analyse sensorielle du 7 jour.

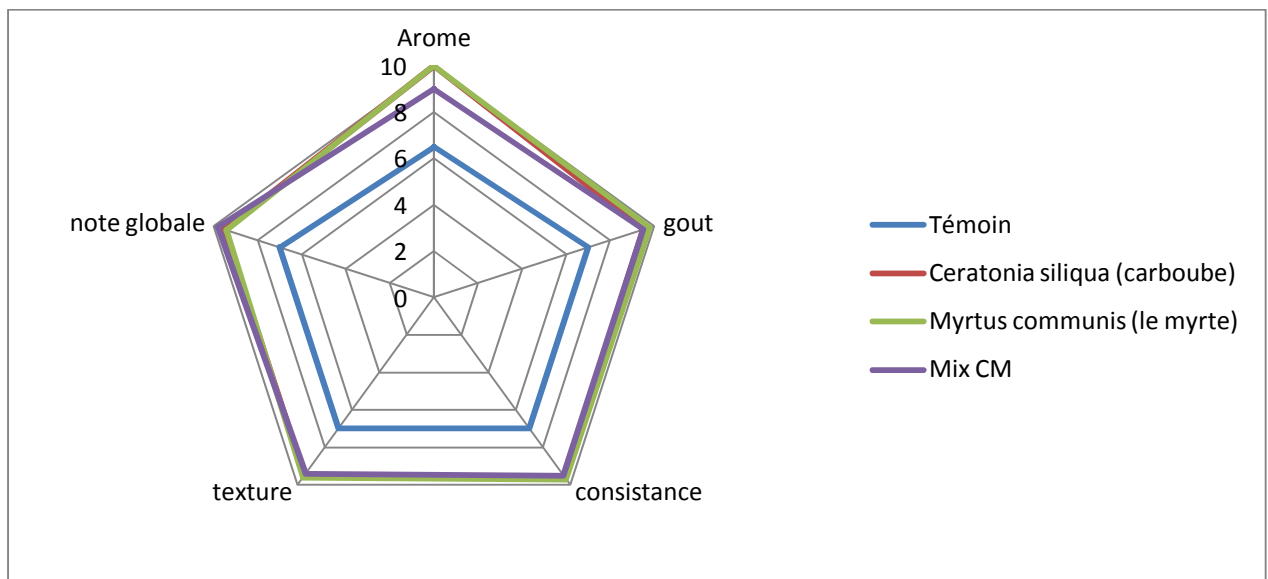


Figure 26 : Analyse sensorielle du 14 jour.

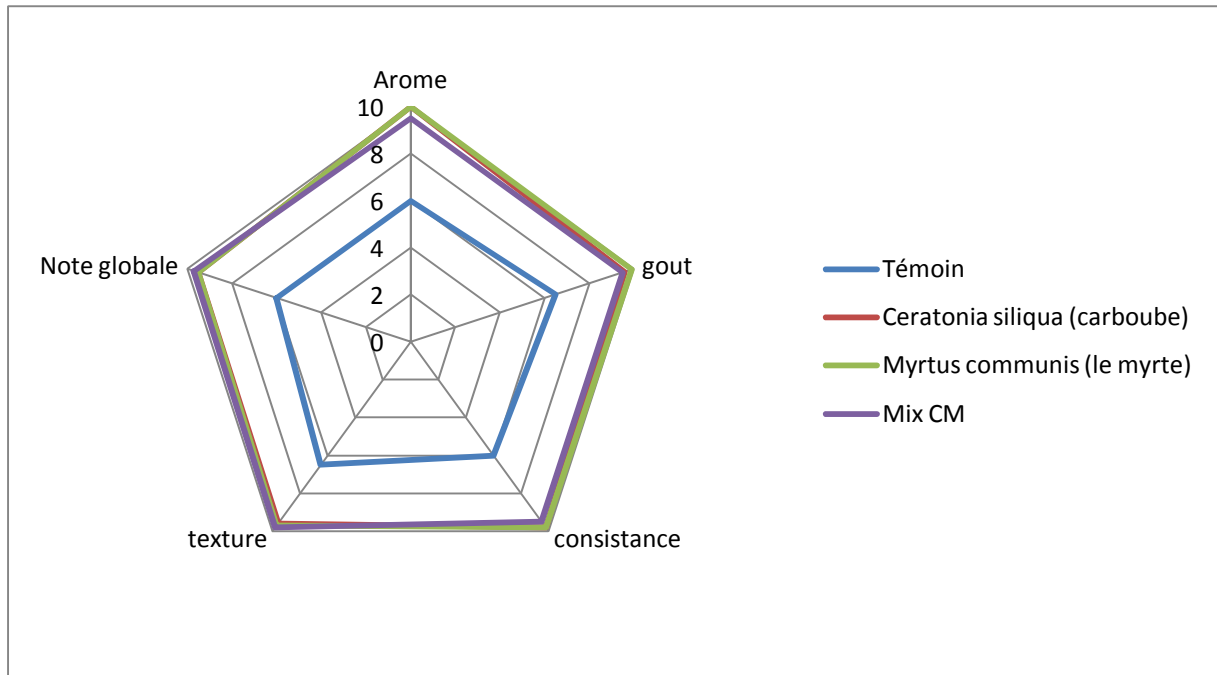


Figure 27 : Analyse sensorielle du 21 jour.



Figure 28: Quelques échantillons de notre préparation

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude vise à explorer, pour la première fois, l'effet de l'incorporation d'extrait aqueux de caroube et de myrte sur la qualité physico-chimique, microbiologique, biologique, organoleptique et sensorielle du yaourt nature.

À la suite de cette étude, les résultats permettent de conclure que :

Le pH du yaourt à base d'extrait de caroube, de myrte et du mélange a montré une diminution progressive au cours de la période de conservation, ce qui a un effet positif sur l'activité des bactéries lactiques et /ou les molécules acides dans ces extraits.

Par ailleurs, l'analyse de l'acidité Dornic a révélé que la caroube et le mélange des deux fruits jouent un rôle conservateur plus important par rapport au témoin et à la myrte respectivement.

Les trois extraits ont également démontré leur capacité conservatrice vis-à-vis des bactéries lactiques, en particulier lors de la dernière période de conservation, ce qui a été confirmé par l'évaluation sensorielle.

Concernant les activités biologiques, une augmentation significative de l'activité antioxydante (DPPH) et du FIC a été observée, celle-ci a été confirmée par le TPC, avec des valeurs atteignant 119 µg/ml pour le yaourt à base de myrte, 138,67 µg/ml pour le yaourt à base de caroube, et 124,67 µg/ml pour le mélange des deux fruits, par rapport au témoin qui présentait une valeur de 87 µg/ml.

En ce qui concerne les qualités organoleptiques, une teneur en protéines plus élevée a été constatée dans les yaourts à base de fruits par rapport au yaourt témoin. Plus précisément, une teneur de 1,951 mg/ml a été obtenue pour le yaourt à base de caroube, une teneur de 2,0251 mg/ml pour le yaourt à base de myrte, et une teneur de 1,501 mg/ml pour le mélange des deux fruits, tandis que le yaourt témoin a présenté une teneur de 0,5523 mg/ml

Le test de synérèse a révélé que le yaourt à base du mélange des deux fruits joue un rôle important dans l'amélioration de la texture du yaourt, avec un taux de synérèse atteignant 5,97%, comparé au témoin qui a enregistré un taux de 7%.

D'une manière générale, les tests de synérèse, de solides totaux et de rétention d'eau ont révélé des valeurs proches à celles du témoin, malgré l'incorporation des extraits aqueux.

En ce qui concerne l'analyse sensorielle, les dégustateurs ont évalué favorablement les critères sensoriels, et dans l'ensemble, ils ont apprécié le yaourt à base de ces fruits.

Par ailleurs, dans une perspective de recherche future, les résultats dégagés par cette étude méritent d'être approfondis par d'autres travaux visant à analyser les effets de caroube et myrte sur :

- L'activité anti-inflammatoire.
- L'activité antidiabétique.
- L'activité anticancéreuse.
- Caractérisation des molécules responsables des activités biologiques
- Incorporation de l'extrait de caroube et de myrte dans d'autres types de produits laitiers

REFERENCES BIBIOGRAPHIQUES

A

Akan, E., Yerlikaya, O., Bayram, O. Y., Kinik, O. (2021). The effect of aqueous extracts of some plants on in vitro antioxidant and antidiabetic activity of probiotic yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8.

Alipour, G., Dashti, S., Hosseinzadeh, H. (2014). Review of pharmacological effects of *Myrtuscommunis L.* and its active constituents. *Phytotherapy research*, 28(8), 1125-1136.

Al-Kharosi, A. S., Al-Sabari, W. A., AL-shidhani, F. H., Alfarsi, S. A., Taha, S. M. (2020). A Simple Method for Simultaneous Determination of Commonly Used Artificial Food Colors and Preservatives in Soda, Jam, and Yogurt by HPLC-PDA. *Braz J Anal Chem*, 7.

Al-Soud, M., Elbatawy, O. I., Abdel Fattah, A. A., Gohari, S. T., El-Dsouky, W. I. (2020). Production of Function yogurts drink fortified with different types of herbal extracts and study its biological attributes in hepatitis rats. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 28(1), 217-228.

Amensour, M., Bouhdid, S., Fernández-López, J., Idaomar, M., Senhaji, N. S., Abrini, J. (2010). Antibacterial activity of extracts of *Myrtuscommunis* against food-borne pathogenic and spoilage bacteria. *International Journal of Food Properties*, 13(6), 1215-1224.

Arfaoui, L. (2020). Total polyphenol content and radical scavenging activity of functional yogurt enriched with dates. *Czech Journal of Food Sciences*, 38(5), 287-292.

Aribi, H., Habchi, R., Saaidia. R. (2022). Etude de l'impact des fruits rajoutés sur la qualité physicochimique et microbiologique d'une marque locale de yaourt.

B

Baamb, A. (2022). Evaluation des propriétés physico-chimiques et sensorielles du yaourt étuvé et brassé fabriqués à la laiterie HODNA de Møila (Doctoral dissertation).

Béal, C., Helinck, S. (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés.

Benamira, F., Djebli, A., Houli, M., Rahmoune, Y. E. (2022). Optimisation de la fabrication d'un yaourt ferme en valorisant «*Pistacialentiscus*» (Doctoral dissertation, Université de jijel).

Birlouez, I. (2017). Le yaourt un produit traditionnel en plein renouveau.

Retiré de: <file:///C:/Users/power%20pc/Downloads/le-yaourt-il-fait-des-merveilleshistorique-version-finale-2.pdf>

Boublenza, I., Ghezlaoui, S., Mahdad, M., Vasai, F., Chemat, F. (2019). Algerian carob (*Ceratoniasiliqua L.*) populations. Morphological and chemical variability of their fruits and seeds. *ScientiaHorticulturae*, 256, 108537.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT -Food Science and Technology* 28(1): 25-30.

Brassesco, M. E., Brandão, T. R., Silva, C. L., Pintado, M. (2021). Carob bean (*Ceratoniasiliqua L.*). A new perspective for functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 310-322.

C

Chandan, R. C., Gandhi, A., Shah, N. P. (2017). Yogurt: Historical background, health benefits, and global trade. In *Yogurt in health and disease prevention* (pp. 3-29). Academic Press.

Cho, W. Y., Kim, D. H., Lee, H. J., Yeon, S. J., Lee, C. H. (2020). Quality characteristic and antioxidant activity of yogurt containing olive leaf hot water extract. *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 43-50.

Cho, W. Y., Yeon, S. J., Hong, G. E., Kim, J. H., Tsend-Ayush, C., Lee, C. H. (2017). Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added green olive powder during storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(6), 859~867.

D

Djenane, D., Yangüela, J., Amrouche, T., Boubrit, S., Boussad, N., & Roncalés, P. (2011). Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* and *Saturejahortensis* against *Escherichia coli* O157: H7 and *Staphylococcus aureus* in minced beef. *Food Science and Technology International*, 17(6) : 505-515.

Djenane, D., Yangüela, J., Derriche, F., Bouarab, L., Roncales, P. (2012). Utilisation des composés de feuilles d'olivier comme agents antimicrobiens ; application pour la conservation de la viande fraîche de dinde. *Nature Technology*, (7), 53.

E

Elsanhoty, R. M., Ramada, M. F. (2018). Changes in the physicochemical and microbiological properties of probiotic-fermented low-fat yoghurt enriched with barley β -glucan during cold storage. *Mljekarstvo/Dairy*, 68(4).

El-Sayed, S. M., Youssef, A. M. (2019). Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon*, 5(6), e01989.

F

F.A.O, 2008. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine Collection FAO: Alimentation et nutrition n° 28 [en ligne] Accès internet Retiré de : <http://www.fao.org/docrep/t4280f/T4280F00.htm#Contents>.

Fidan, H., Mihaylova, D., Petkova, N., Sapoundzhieva, T., Slavov, A., Krastev, L. (2019). Determination of chemical composition, antibacterial and antioxidant properties of products obtained from carob and honey locust. *Turkish Journal of Biochemistry*, 44(3), 316-322

Fidan, H., Stankov, S., Petkova, N., Petkova, Z., Iliev, A., Stoyanova, M., Ercisli, S. (2020). Evaluation of chemical composition, antioxidant potential and functional properties of carob (*Ceratonia siliqua L.*) seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 2404-2413.

Franceschini, P. (2016). *Myrtus communis L.* en Corse et en Méditerranée : De sa composition Chimique jusqu'à ses utilisations thérapeutiques.

G

Guiraud, J. (2003). Méthode d'analyse en microbiologie alimentaire. In : Microbiologie alimentaire. Paris. 651p.

H

Hazzit, M., Baaliouamer, A., Veríssimo, A. R., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. (2009). Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food chemistry*, 116(3), 714-721.

Hervé-Jiménez, L. (2008). Post-genomic analysis of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbruekii* ssp. *bulgaricus* cooperative growth in milk. *Life Sciences [q-bio]*. AgroParisTech.English. NNT: 2008AGPT0034. pastel-00004080.

Κ

Kalyas, A., Ürkek, B. (2022). Effect of flaxseed powder on physicochemical, rheological, microbiological and sensory properties of yoghurt. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65.

Kang, S. S., Kim, M. K., Kim, Y. J. (2019). Comprehensive evaluation of microbiological and physicochemical properties of commercial drinking yogurts in Korea. *Food science of animal resources*, 39(5), 820.

Kim, D. H., Cho, W. Y., Yeon, S. J., Choi, S. H., Lee, C. H. (2019). Effects of lotus (*Nelumbonucifera*) leaf on quality and antioxidant activity of yogurt during refrigerated storage. *Food Science of Animal Resources*, 39(5), 792.

Kliks, J., Le niak, A., Spruch, M., Szołtara, S., Czabaj, S. (2019). Quality characteristics of natural yoghurts produced with lactulose supplementation. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 6, 1-4.

Λ

Lai, P. K., & Roy, J. (2004). Antimicrobial and chemopreventive properties of herbs and spices. *Current medicinal chemistry*, 11(11), 1451-1460.

Lassané, S. (1971). Unite de formation et de recherche des sciences de la sante ufr/sds(Doctoral dissertation, Université de OUAGADOUGOU).

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

N

Nassar, M. I., Aboutabl, E. S. A., Ahmed, R. F., El-Khrisy, E. D. A., Ibrahim, K. M., Sleem, A. A. (2010). Secondary metabolites and bioactivities of *Myrtuscommunis*. *Pharmacognosy research*, 2(6), 325.

Ngounou, C. J., Ndjouenkeu, R., Mbofung, C. M. F., Noubi, L. (2003). Mise en évidence de la biodisponibilité du calcium et du magnésium au cours de la fermentation du lait par des bactéries lactiques isolées du lait caillé de zébu. *Journal of food Engineering*, 57(3), 301-304.

P

Pandey, K. B., Rizvi, S.I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2: 2706278.

Papadaki, E., Roussis, I. G. (2022). Assessment of Antioxidant and Scavenging Activities of Various Yogurts Using Different Sample Preparation Procedures. *Applied Sciences*, 12(18), 9283.

Q

Quézel P. et Santa S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales, Ed CNRS, Paris, France, p. 636.

R

Robinson, R. K. (Ed.). (2005). Dairy microbiology handbook: the microbiology of milk and milk products. pp780.

S

Scientifique de Syndifrais, M. (1997). Yaourts, laits fermentés. *Le Lait*, 77(3), 321-358.

Shao, Y., Gao, S., Guo, H., Zhang, H. (2014). Influence of culture conditions and preconditioning on survival of *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus* ND02 during lyophilization. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1270-1280.

Shori, A. B. (2020). Inclusion of phenolic compounds from different medicinal plants to increase α -amylase inhibition activity and antioxidants in yogurt. *Journal of Taibah University for Science*, 14(1), 1000-1008.

Shori, A. B. (2020). Proteolytic activity, antioxidant, and α -Amylase inhibitory activity of yogurt enriched with coriander and cumin seeds. *LWT*, 133, 109912.

Shori, A. B. (2022). Storage quality and antioxidant properties of yogurt fortified with polyphenol extract from nutmeg, black pepper, and white pepper. *Electronic Journal of Biotechnology*, 57, 24-30.

Shori, A. B., Baba, A. S. (2012). Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*-bio-yogurts made from camel and cow milk. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 11(1), 50-55.

Shori, A. B., Baba, A. S. (2013). Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by *Azadirachta indica*-yogurt. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(3), 295-301.

Shori, A. B., Peng, C. W., Bagheri, E., Baba, A. S. (2020). Physicochemical analysis, proteolysis activity and exopolysaccharides production of herbal yogurt fortified with plant extracts. *International Journal of Food Engineering*, 17(3), 227-236.

Stephens, J., Turner, D. P. (2015). *Streptococcus thermophilus* bacteraemia in a patient with transient bowel ischaemia secondary to polycythaemia. *JMM Case Reports*.

Syndifrais. (s.d). Tout savoir sur le yaourt. Retiré de:

[file:///C:/Users/power%20pc/Downloads/yaourt-syndifrais%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/power%20pc/Downloads/yaourt-syndifrais%20(2).pdf)

ℳ

Vignola, L. C. (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses inter Polytechnique.

ℳ

Waksmundzka-Hajnos. M., Sherma, J. (Eds.). (2010). High performance liquid chromatography in phytochemical analysis. CRC press. In , 477-78.

Wannes, W. A., Marzouk, B. (2016). Characterization of myrtle seed (*Myrtus communis* var. *baetica*) as a source of lipids, phenolics, and antioxidant activities. *journal of food and drug analysis*, 24(2), 316-323.

ℳ

Yeon, S. J., Hong, G. E., Kim, C. K., Park, W. J., Kim, S. K., Lee, C. H. (2015). Effects of yogurt containing fermented pepper juice on the body fat and cholesterol level in high fat and high cholesterol diet fed rat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(4), 479-485.