République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA – Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de sciences alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Production et transformation laitière

Réf : . . . . . .

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Extraction de colorant naturel à partir de baies de *Myrtus communis* et formulation d'un yaourt brassé

Présenté par :

M^elle^ AMARI Sarra

Soutenu le 06/07/2024

Devant le jury composé de :

Président	**M^me^** HADDADI-GUEMGHAR H	Professeur	U. A. M. Bejaia
Promotrice	**M^me^** AMESSIS-OUCHEMOUKH N	Professeur	U. A. M. Bejaia
Examinatrice	**M^me^** ADRAR S	MCA	U. A. M. Bejaia
Co-encadrante	**M^me^** SALHI R	Doctorante	U. A. M. Bejaia

Année Universitaire : 2023-2024

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier le bon Dieu le tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage, la Volonté et la patience pour achever ce modeste travail.

Je remercier ma promotrice de mémoire Mme. AMESSIS-OUCHMOUKH N pour son encadrement précieux, sa disponibilité et ses conseils avisés. Sa patience et son expertise ont grandement contribué à la réussite de ce travail.

J'exprime mes remerciements à Mme HADDADI-GUEMGHAR H, d'avoir accepté de présider le jury, ainsi que Mme MEDOUNI S d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers Mme SALHI R pour son soutien inconditionnel et son encouragement tout au long de cette étape importante de ma vie académique.

Enfin, je tiens à exprimer vivement mes remerciements avec une profondeur gratitude à toutes personnes qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce mémoire.

- A. Sarra -

Dédicaces

Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu le tout puissant de m'avoir donné du courage et de la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à :

Mes parents, mon cher ami Yassine qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de ma formation.

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler que dieu leur procure

Bonne santé et longue vie.

A tous ceux qui m'ont soutenue et aidé durant mon Parcoure d'étude.

- Sarra-

Table des matières

Table des matières

Liste d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction **1**

Partie bibliographique

Généralités sur *Myrtus communis*

1. Généralités sur *Myrtus communis* 2

1.1. Famille des myrtacées 2

1.2. Espèce Myrtus communis 2

1.2.1 Dénomination Myrtus communis 3

1.2.2 Classification taxonomique 3

1.2.3 Répartition géographique 4

1.2.4 Composition chimique 4

1.2.5 Utilisations 5

1.2.5.1 Utilisation alimentaire 5

1.2.5.2 Propriétés Médicinales 6

1.2.5.3 Utilisation en Cosmétique.....6

2 Généralités sur le yaourt 7

2.1 Historique 7

2.2 Définition 7

2.3 Classification des yaourts 7

2.4 Les ferments 8

2.4.1 Streptococcus thermophilus 8

2.4.2 *Lactobacillus bulgaricus* 8

2.5 Composition chimique et intérêts nutritionnelles des yaourts 9

2.6 Intérêts nutritionnels du yaourt 9

2.6.1 Amélioration de l'absorption du lactose 10

2.6.2 Stimulation du système immunitaire 10

2.6.3 Activité antimicrobienne 10

2.7 Technologie du yaourt 10

2.8 Yaourts enrichis et innovation 13

Table des matières

Partie Expérimentale

Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal 14

2. Extraction 15

2.1 Préparation des extraits..... 15

2.2 Dosage des polyphénols 15

2.2.1 Poly-phénols totaux 15

2.2.2 Flavonoïdes 15

2.2.3 Anthocyanes 15

3. Activités antioxydantes..... 16

3.1 DPPH..... 16

3.2 Test au Phosphomolybdate 16

3.3 Test à La Ferrosine..... 17

4. Préparation des extraits aqueux pour l'élaboration du yaourt..... 17

4.1 Préparation des extraits aqueux 17

4.2 Elaboration du yaourt..... 17

4.3 Analyses physico-chimiques du yaourt..... 19

4.3.1 Humidité..... 19

4.3.2 Taux de cendre..... 19

4.3.3 Densité..... 19

4.3.4 PH 19

4.3.5 Teneur en eau et détermination de la matière sèche 19

5 Préparation des extraits du yaourt 20

5.1 Propriétés anti oxydantes des extraits du yaourt..... 20

Résultats et Discussions

1. Dosage des antioxydants..... 27

1.1. Poly-phénols totaux..... 27

1.2. Flavonoïdes 27

1.3. Anthocyanes 27

2. Activités antioxydantes 27

2.1. Test DPPH 27

2.2. Test a La ferrosine..... 29

2.3. Phosphomolybdate 29

Table des matières

3. Analyses physicochimiques du yaourt 30

3.1. pH du yaourt enrichi avec l'extrait de *Myrtus communis* 30

3.2. La densité 31

3.3. Taux de cendre 32

3.4. Taux d'humidité 32

4. Dosage antioxydants des yaourts 33

4.1. Polyphénols totaux des yaourts 33

4.2. Flavonoïdes 34

4.3. Anthocyanes..... 35

5. Les activités antioxydantes des yaourts 36

5.1. DPPH..... 36

5.2. Ferosine 37

5.3. Phosphomolybdate 38

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Liste d'abréviation

UHT : Ultra Haute Température

EAG : Equivalent Acide Gallique

EQ : Equivalent Quercitine

EAA : Equivalent Acide Ascorbique

MC : *Myrtus*

ET : Ecart type

DPPH :2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

ABTS: 2, 2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

Liste des tableaux

Tableau I: Différente nomenclatures de Myrtus communis.....3

Tableau II: Situation botanique de l'espèce Myrtus communis 4

Tableau III: Composition chimique de Myrtus communis.....5

Tableau IV: Composition du yaourt dans100g 9

Tableau V: Les antioxydants de la poudre Myrtus communis.....21

Tableau VI: *Les activités antioxydants de la poudre Myrtus communis*.....22

Liste des figures

Figure 1 : *Photographie des parties de la plante Myrtus communis L.....3*

Figure 2 : *Répartition mondiale de l'espèce Myrtus communis L. selon la distribution géographique (2021-2024) 4*

Figure 3 : *Aspect des cellules des s. thermophilus sous le microscope électroniquegrossesseme mt×100) 8*

Figure 4 : *Aspect des cellules de Lactobacillus bulgaricus sous microscope électronique. Grossessement× 100..... 9*

Figure 5 : *Processus de fabrication du yaourt (yaourt ferme et yaourt brassé). 11*

Figure 6 : *Les différentes étapes de préparation du matériel végétal 14*

Figure 7 : *Diagramme de fabrication de yaourt 16*

Figure 8 : *Photographies d'extraits des yaourts à différents concentrations de Myrtus communis. 20*

Figure 9 : *Évolution du pH du Yaourt Enrichi avec M. communis au Fil du Temps. 24*

Figure 10 : *La densité du yaourt en fonction de différentes concentrations d'extrait de Myrtus communis(1%, 2%, 4% et 8%).....25*

Figure 11 : *Les polyphénols totaux de yaourt enrichi avec Myrtus communis au fi du temps 27*

Figure 12 : *Le taux de flavonoïdes de yaourt enrichi avec les extraits du M. communis au fil du temps.....28*

Figure 13 : *Évolution de l'Activité Antioxydante Évaluée par Ferrosine dans des Échantillons à Différentes Concentrations au Fil du Temps..... 29*

Figure 14 : *Évolution de l'Activité Antioxydante Évaluée par Phosphomolybdate dans des Échantillons de Yaourt Enrichis en Myrtus communis au Fil du Temps..... 30*

Introduction

Introduction

Les produits laitiers fermentés frais comme le yaourt sont des produits de grande consommation **(Nakasaki et *al.*, 2008)**. Le yaourt est consommé la plupart du temps comme un dessert. Il convient à toutes les tranches d'âge, même aux sujets intolérants au lactose car il est très digeste, possède une grande valeur nutritionnelle, et il est apprécié pour son goût et sa texture **(Syndifrais, 1997 ; Nagai et *al.*, 2011)**.

Différents types de yaourts sont présents dans le marché, dont certains sont supplémentés de différents ingrédients repartis en fruits et légumes **(Vahedi et *al.*, 2008)**. Ces derniers apportent aux yaourts des nutriments de grandes valeurs nutritionnelle et diététique comme les antioxydants qui jouent un rôle préventif vis-à-vis du stress oxydatif.

Ce dernier est lié à l'apparition de nombreuses pathologies telles que les cancers, les maladies cardiovasculaires et les maladies dégénératives **(Girardet, 2011).**

Ce mémoire se concentre sur la formulation d'un yaourt enrichi en colorant naturel extrait à partir de baies de *Myrtus communis.* L'objectif principal est d'étudier les aspects biologiques de l'intégration de ce colorant dans la production de yaourt, ainsi que son impact sur la qualité du produit fini. En explorant cette voie, nous visons à proposer une alternative viable aux colorants artificiels, tout en capitalisant sur les bénéfices potentiels pour la santé associés aux composés bioactifs du *Myrtus communis.*

Cette étude est divisée en deux parties :

- Une synthèse bibliographique comportant des généralités sur le *Myrtus communis* et le yaourt ;
- Une partie expérimentale débutant par matériel et méthodes visant tout d'abord à caractériser la poudre de baies de *Myrtus communis* et à formuler un yaourt enrichi avec l'extrait aqueux de ce fruit. Ensuite, la caractérisation physico-chimique et phytochimique des yaourts formulés. La deuxième partie traite les différents résultats obtenus.
- Une conclusion et des perspectives sont données.

Partie bibliographique

1. Généralités sur *Myrtus communis*

1.1. Famille des myrtacées

Les myrtacées sont une famille de plantes dicotylédones qui regroupe plus de 5650 espèces réparties en environ 48 à 134 genres. Il s'agit d'arbres et d'arbustes qui produisent fréquemment des huiles aromatiques (**Govaerts et al. 2008**). Les Myrtacées sont des plantes à feuilles entières et opposées (**Quezel et Santa 1963**).

Le genre *Myrtus communis* est une plante à fleurs dont on trouve environ 16 espèces dans le Moyen-Orient et l'Asie (**Twaij et al 1988, Romani et al.1999**). C'estun arbuste à feuilles ovoïdes, 2 à 3 fois plus longues que larges et nervées. Les Fleurs de taille de 10 à 15 mm, de couleur blanche, avec deux bractées très petites à la base, qui caduquent rapidement et des rameaux pubescents **(Quezel et Santa ; 1856**).

Dans les régions méditerranéennes, la famille des myrtacées se développe naturellement et en grande quantité et serépand dans le Tell et sur le littoral du centre **(Baba Aissa 1999., Mimica-Dukic 2010)**.

Dans les régions méditerranéennes, la famille des myrtacées se développe naturellement et en grande quantité, étant répandue dans le Tell et sur le littoral du centre (**Mimica-Dukic 2010 ; Baba Aissa 1999**).

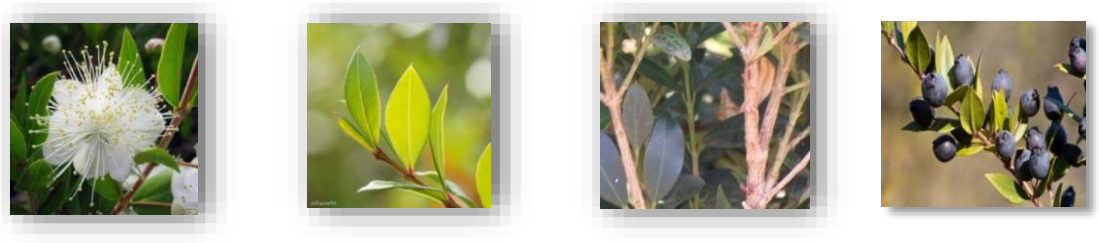
1.2. Espèce *Myrtus communis*

Myrtus communis est un arbuste de hauteur d'un à deux mètres, couvert de buissons denses d'un vert éclatant. Ses fleurs blanches très-ouvertes et ses nombreuses étamines en touffe ébouriffée le distinguent. L'une de ses caractéristiques est son parfum aromatique intense et unique. La plante possède de nombreuses cavités sécrétrices, en particulier dans les feuilles (**Quezel et Santa, 1963;Barboni 2006).**

Selon **Baytop (1999),** leurs feuilles mesurent de 3 à 5 cm de long et renferment des tannins, des flavonoïdes et des huiles volatiles. Les feuilles, les fleurs et les glandes fruitières de cette espèce sont très aromatiques en raison de la forte teneur en huile essentielle. Les fleurs apparaissent au début de l'été et sont solitaires, axillaires, blanches ou roses, suivies d'une baie noire à plusieurs graines, sphérique, de couleur rouge foncé à violet (**Mahmoud et al 2010)**.

Les fruits qui sortent à l'automne sont classés en deux grandes catégories selon leur couleur : noir ou blanc. On retrouve plus souvent la couleur sombre, mais il existe également

des variétés cultivées de couleur blanche, qui produisent des fruits bien plus grands que leurs homologues sauvages (**Klein et al).** Les rameaux sont petits, de couleur verte, qui se métamorphosent rapidement en brun orangé, pubescents dans leur jeunesse **(Quezel et Santa 1963;Barboni 2006)**.



A : les fleurs **B : les feuille** **C : les tiges** **D : les baies**

Figure 1 : *Photographie des parties de la plante Myrtus communis L.*

1.2.1. Dénomination *Myrtus communis*

Myrtus communis comprend différentes désignations selon la localité où il se trouve **(Tableau I)**. Toute fois, c'est le nom de (arrayhan, الريحان) en langue arabe que cette plante est reconnue en Alger

Tableau I: *Différente nomenclatures de Myrtus communis (LÉGER ; 2007).*

Anglais	common myrtle, Greek myrtle, myrtle, sweet myrtle
Français	herbe du lagui, myrte commun.
Allemand	Braut-Myrte, Brautmyrte, Gewöhnliche Myrte.
Arabe	arrayhan, الريحان.
Espagnol	arrayán, mirto, murta, murt
Italien	mirtella, mirto, mortella, mortin.

.

1.2.2. Classification taxonomique

Le **(Tableau II)** montre la classification botanique de l'espèce *Myrtus communis.*

***Tableau II*:** Situation botanique de l'espèce *Myrtus communis* (**Judd et al 2002**).

Régne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	*Myrtus*
Espèce	*Myrtus communis*
Variétés	*M. communis var. italica L.* *M. communis var. baetica L.* *M. communisvar. lusitanica L.*

1.2.3. Répartition géographique

Myrtus communis L est une espèce d'arbustes qui se développe sur le territoire méditerranéen. La distribution géographique de cette espèce entre (2021-2024) est montrée sur la figure ci-dessus.

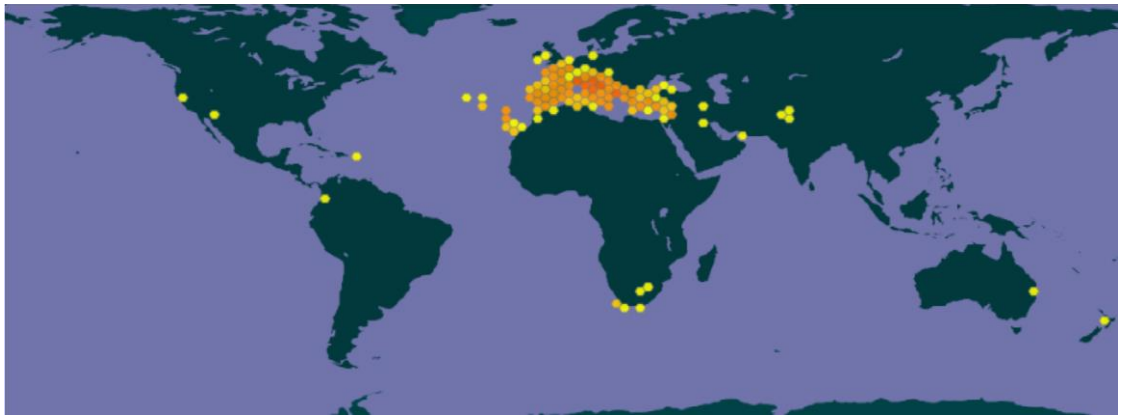


Figure 2 : Répartition mondiale de l'espèce *Myrtus communis L.* selon la distribution géographique (**2021-2024**)

1.2.4. Composition chimique

Les métabolites secondaires les plus importants sont les poly-phénols et les huiles essentielle. Selon les résultats montrés dans le tableau dans le **(Tableau III)** on peut observer

que l'espèce de *Myrtus* est riche en huiles volatiles et en acides phénoliques et flavonoïdes) et aussi en tannins, en pigments anthocyaniques et en acides gras **(Diaz et Abeger 1986, Martin et al 1990., Romani et al 1999, Cakir., 2004 ; Satrani et al 2006)**.

Tableau III: Composition chimique de *Myrtus communis.*

Partie de la plante	Composition	Référence
Les baies	Tanins et anthocyanes (0, 2 à 54 %), gras et acides organiques (9 à 52 %)	**(Messaoud et al 2012).**
Les feuilles	1, 8-cinéole (13, 5 à 19, 6 %), linalol (7, 7 à 15, 8 %), acétate de linalyle (2, 5 à 6 %), terpinéole, terpinolène, tanins et composés flavonoïdes	**(Chryssavgi et al 2008).**
Les feuilles et les fleurs	Les huiles essentielles, acides phénoliques, flavonoïdes et tanins	**(AidiWannes et al 2010).**
Les Graines	Les huiles essentielles, tanins hydrolysables ((80, 20%,) anthocyanes (69, 36%,)	**(Aidi Wannes 2016).**

1.2.5. Utilisations

Le myrte est un produit qui peut être considéré comme identitaire. Il offrir la possibilité dans divers secteurs, tels que l'alimentation, médicinaleet cosmétique **(Mir et al 2020., Mechchate et al 2022).**

1.2.5.1. Utilisation alimentaire

Dans tout le bassin méditerranéen, les fruits du myrte, frais ou séchés, sont utilisés comme condiment, notamment avec la volaille et le gibier, et sont généralement vendus sur les marchés

de Chypre et de Turquie **(Couplan 2009)**. Avant la découverte du poivre, le fruit était utilisé comme assaisonnement pour certains aliments. Il était utilisé par les Romains pour aromatiser l'huile d'olive. Ces baies sont encore consommées par les Grecs modernes lorsqu'elles sont mûres. Elles sont aussi très appréciées par les oiseaux (**Couverchel 1839).**

Dans la cuisine, les baies du myrte sont employées comme essences aromatiques, mais leur utilisation la plus significative est la fabrication de liqueurs (**Mulaset al 2010).**

1.2.5.2. Propriétés Médicinales

Les baies de myrte sont utilisées depuis longtemps dans les domaines pharmaceutiques. Elles sont employées en raison de leurs propriétés bénéfiques pour la santé humaine, telles qu'antiseptique, astringent, carminative, tonique des cheveux, analgésique, cardiotonique, anti-inflammatoire, stomachique, néphroprotectrice, antidote, hémostatique, tonique du cerveau et antidiabétique **(Sumbul et al 2011).**

En Algérie, on utilise le myrte pour traiter les maladies des voies respiratoires et urinaires. Cette plante est recommandée pour les bronchites, les sinusites, les otites, les diarrhées et les hémorroïdes **(Beloued 2003).**

1.2.5.3. Utilisation en Cosmétique

Le myrte est principalement employé en cosmétique sur les peaux abîmées, irritées ou ridées. Ce sont ses propriétés astringentes, revitalisantes et adoucissantes qui sont ici mises en jeu. Les propriétés de l'hydrolat de Myrte, autrefois très apprécié et connu sous le nom d'« eau d'ange », sont similaires **(Anonyme 2. 2024)**.

2. Généralités sur le yaourt

2.1. Historique

Le terme yaourt (yoghourt ou yogourt) est originaire d'Asie et provient de yoghurmark, un terme turc qui signifie « épaissir » (**Tamime et Deeth 1980**).

Après les découvertes de Luis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs sont penché sur les micro-organismes du lait. En 1902, deux médecins, Ris et Khoury, ont identifié la bactérie spécifique du yaourt appelée "le bacille bulgare", ils ont étudié l'effet acidifiant du lait caillé et ont proposé une méthode de production sûre et régulière (**Rousseau 2005**).

2.2. Définition

D'après le Codex alimentairius et la **FAO (1975),** le yaourt est défini comme un "produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action *de Lactobacillus delbrueckiisub. sp bulgaricuset Streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec). " Il est indispensable que les bactéries présentes dans le produit fini soient vivantes et abondantes. Il est essentiel de maintenir ces produits jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6 °C afin de préserver la viabilité des bactéries lactiques (**Syndifrais 1997**).

2.3. Classification des yaourts

Selon la technologie de production, les yaourts sont classés en trois catégories :

− **Yaourts fermes** : Il s'agit des yaourts coagulés en pots, habituellement des yaourts naturels ou aromatisés, qui se fermentent après leur mise en pot à une température allant de 42 à 44°C (**Keddar et Koubich 2009**).

− **Yaourts brassés** : Ce sont les yaourts coagulés en cuve avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits (**Luquet et Carrieu 2005**).

−**Yaourts à boire** : Il s'agit de yaourts à la texture liquide. Qui après avoir été brassés sont ensuite battus dans des cuves avant d'être conditionnés **(Fredot 2005)**.

2.4. Les ferments

Les deux bactéries employées dans la fabrication du yaourt sont *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus,* qui ont pour fonction principale de diminuer le pH du lait afin de créer un gel. En plus de donner une saveur acidulée au gel, elles garantissent une saveur distinctive grâce à la synthèse de composés aromatiques et de polysaccharides (**Sodini et Beal ; 2012**).

2.4.1. *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus est une cocci Gram positif, anaérobie facultatif et non mobile. Cette bactérie ne possède aucun antigène du groupe D, elle est thermorésistante, altérée par le bleu de méthylène (0. 1%) et les antibiotiques. La température idéale pour sa croissance est comprise entre 40 et 50 °C. Le métabolisme de celle-ci est homofermentaire. La fermentation du lactose du lait en acide lactique est le principal rôle de *Streptococcus thermophilus.* Elle joue un rôle essentiel dans la texture des laits fermentés en plus de son pouvoir acidifiant. La production de polysaccarides (composés de galactose, de glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnus, d'arabinose et de mannose) accroît la viscosité du lait **(Roussel et al 1994).**

Figure 3 : Aspect des cellules *des s. thermophilus sous le microscope* Electronique grossessememt×100 **(Dursoet Huktins, 2003)**.

2.4.2. *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus (*L. bulgaricus*) est un bacille Gram postive, immobile, asporulé, micro-aérophile (**Doleyres, 2003**). Le fonctionnement de cette bactérie est purement fermentaire, avec la production exclusivement d'acide lactique à partir des hexoses. La température optimale pour sa croissance est d'environ 42°C. Elle joue un rôle crucial dans l'évolution des caractéristiques gustatives et hygiénique du yaourt (**Marty-Teysset et Garel 2000**).

La (**figure 4**) illustre l'aspect microscopique des cellules *Lactobacillus bulgaricus.*

Figure 4 : Aspect des cellules de *Lactobacillus bulgaricus* sous *microscope électronique. Grossessement× 100(***Corrieu et Luquet 2008***).*

2.5. Composition chimique et intérêts nutritionneles des yaourts

Une tasse de yaourt nature offre la même énergie qu'un verre de lait. Environ 150 à 170 calories (**Jeantet et al.2008**).

La composition du lait est modifiée pendant la fermentation, avec certaines modifications qui améliorent ses valeurs nutritionnelles et thérapeutiques **(Serra et al 2009; Sodini et Béal 2012)**. Le **Tableau IV** montre les différentes compositions de yaourt.

Tableau IV: Composition du yaourt dans100g **(Syndifrais, 1997)**.

Composant	Teneur (/100 g)
Eau	80-90 g
Protéines	4, 3 g
Glucides	4 à 18 g
Lipides	0 à 3, 5 g
Apport calorique	42 à 115 kcals

2.6. Intérêts nutritionnels du yaourt

La consommation croissante des produits laitiers fermentés est due à leurs valeurs nutritionnelles particulières (**Sodini et Béal 2004 ; Serra et al 2009**). Le yaourt présente de nombreux effets positifs sur la santé.

2.6.1. Amélioration de l'absorption du lactose

Le yaourt contient des bactéries lactiques vivantes qui favorisent une meilleure absorption du lactose chez les personnes qui ne possèdent pas de lactase. Selon **(Jeantet 2008),** les ferments lactiques produisent la β-galactosidase qui peut hydrolyser le lactose. Cette enzyme serait libérée dans l'intestin grêle et conserverait son activité pour l'hydrolyse du lactose pendant au moins deux heures.

2.6.2. Stimulation du système immunitaire

Le yaourt a un effet immunorégulateur grâce aux bactéries probiotiques (lactobacilles ou bifidobactéries), ce qui entraîne la production d'interférons et d'immunoglobulines, ainsi que l'activation des lymphocytes B (**Jeantet 2008**).

2.6.3. Activité antimicrobienne

Selon **Jeantet et al. (2008**), le yaourt a un effet préventif contre les infections gastrointestinales en raison de la présence de bactéries lactiques qui produisent des substances antimicrobiennes. L'effet antimicrobien principal de ces bactéries est lié à la production d'acides organiques, notamment l'acide lactique, qui entraîne une diminution du pH et donc l'inhibition du développement de microorganismes pathogènes. Outre l'acide lactique, les bactéries lactiques peuvent également produire d'autres métabolites tels que le peroxyde d'hydrogène, le dia-cétyle et les bactériocines (**Dortu et Thonart, 2009).** Elles jouent un rôle essentiel dans la préservation de la bioconservation du produit (**Mahaut et al. 2000**).

2.7. Technologie du yaourt

La production d'un yaourt industriel débute par la réception du lait des producteurs, puis ce lait est transporté, pesé et conservé dans des réservoirs refroidis afin de passer par des étapes de transformation standard **(figure5**).

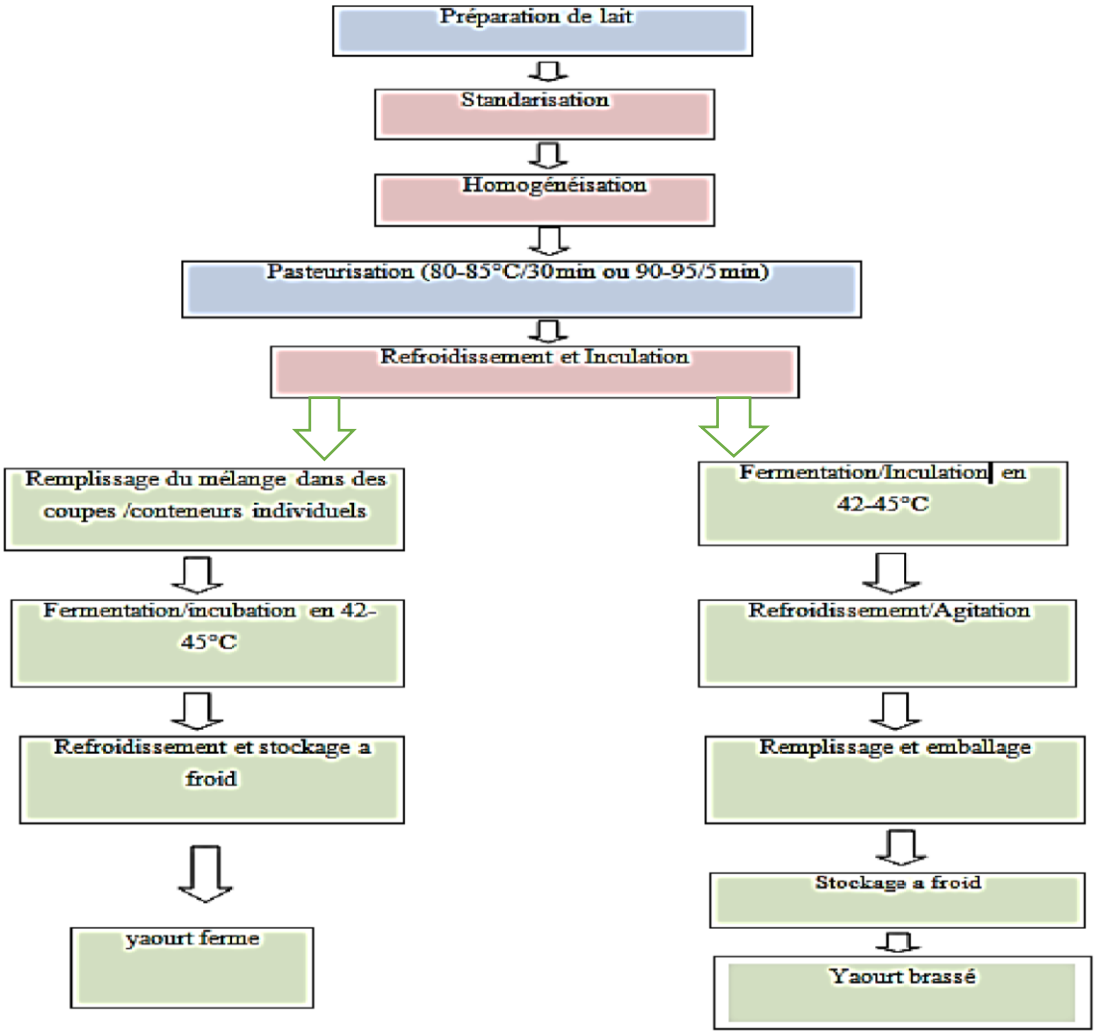


***Figure 5* :** Processus de fabrication du yaourt (yaourt ferme et yaourt brassé)

(Weerathilake et al 2014)

- **Préparation du lait**

La première étape, qui peut être ajoutée, implique de procéder à un traitement du lait Par une centrifugation et /ou une thermalisation à 60-69°C pendant 20 à 30 secondes afin d'éliminé les cellules somatiques, les impuretés solides et les microorganismes végétatifs (**Fazilah et al 2018**).

- **Standardisation**

L'objectif de la standardisation est d'ajuster la quantité de matière grasse et de solides non-gras afin d'atteindre les normes standards recommandées. Un yaourt doit contenir au moins 2, 7 % de protéines et au maximum 15 % de matière grasse, qui est généralement ajustée par une crème/graisse de beurre. L'acidité titrable, mesurée par le pourcentage d'acide lactique, ne doit pas dépasser 0, 3 % (**Weerathilake et al**).

- **Homogénéisation**

L'Homogénéisation est une étape cruciale de ce processus de fabrication, effectuée à l'aide d'un homogénéisateur ou d'un viscoliseur. Elle consiste à faire passer le lait à travers de petites ouvertures à haute pression, afin de rompre les globules gras, réduire leur diamètre, assurer une distribution homogène de la matière grasse, empêcher la formation d'une couche crémeuse discrète à la surface du yaourt et améliorer sa consistance (**Kaur et al 2017**).

- **Traitement thermique**

Le Traitement thermiqueest une étape après la préparation du lait, qui consiste en sa standardisation et son homogénéisation. Selon **Weerathilake et al 2014**), le lait du yaourt est conçu pour être soumis à un traitement thermique continu ou discontinu à une température élevée pendant une période prédéterminée, afin de détruire les microorganismes pathogènes et résistants, tels que « Coxiellaburnetii », qui est actuellement considéré comme le plus résistant dans le lait.

Le traitement thermique a un impact significatif sur les caractéristiques physiques du yaourt en altérant les protéines du lactosérum, ce qui améliore la texture du produit final. De plus, il contribue de manière significative à stimuler le processus de fermentation en libérant les composés essentiels à la croissance des bactéries du ferment et en éliminant l'oxygène dissous dont elles sont sensibles (**Das et al 2019**).

- **Inoculation / fermentation**

Une fois le yaourt traité thermiquement, il est nécessaire de le refroidir à une température de 43-46°C, une température idéale pour favoriser l'activité des souches thermophiles utilisées pour la fermentation. Ensuite, on ajoute environ 2 à 3 % de ferment contenant *St. thermophilus* et *Lb. delbruckiisubsp. bulgaricus,* puis le mélange est placé dans une chambre

d'incubation/maturation où il est conservé pendant quelques heures à une température régulée (**Ayar et Gurlin 2014**).

La mise en place de l'inoculation se fait habituellement dans des cuves hygiéniques en acier inoxydable ou dans des récipients individuels, en fonction du type de yaourt, qu'il soit ferme ou brassé (**Weerathilake et al 2014**).

- **Refroidissement et conditionnement**

Une fois que le pH du yaourt est atteint (pH 4. 5 - 4. 6), la fermentation est interrompue par un refroidissement rapide pour stopper le développement des bactéries lactiques et la production d'acide lactique. Ce refroidissement se déroule en deux étapes distinctes, avec une première phase de réduction rapide de la température à moins de 10°C, puis une deuxième phase à moins de 20°C, avant d'être finalement réduite à 5°C, la température de stockage. Le refroidissement est initialement réalisé pour le yaourt brassé après avoir agité le coagulum dans la cuve (**Weerathilake et al 2014 ; Kaur et al 2017**).

Une fois que la production est terminée, toutes les machines utilisées sont automatiquement nettoyées grâce au "nettoyage en place" (**Tsarouhasa et Arvanitoyannis 2014**).

2.8. Yaourts enrichis et innovation

Les scientifiques et les industriels ont été intéressés par l'enrichissement des yaourts avec des composés bioactifs naturels provenant de différents fruits et légumes. Par conséquent, des yaourts fonctionnels novateurs ont été créés qui ont des propriétés améliorées et bénéfiques pour la santé (**Brahmi et al 2022**).

Le yaourt occupe une place de choix dans le domaine de l'alimentation. Au cours des dernières décennies, la prise de conscience grandissante des avantages du yaourt pour la santé, l'innovation des produits et la disponibilité de diverses saveurs et variétés de yaourts ont joué un rôle majeur dans l'augmentation de sa consommation (**Chandan et al 2017**).

Parmi lesexemples des yaourts enrichis on cite : le yaourt brassé à base de pulpe et d'écorce de *Cucurbitapepo***(AMOUCHAS et ABED 2022**) et yaourts brassés, l'un à base de jus de betterave et l'autre enrichi à la purée de pomme de terre**(TAHAR et ZAKANE 2021).**

Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal

Le travail actuel a été accompli sur l'extraction d'un colorant naturel a partir de baies de *Myrtus communis* et formulation d'un yaourt brassé. Les baies de *Myrtus communis* ont été récoltées au mois de janvier 2024 et provenant du village de Tala ata, Ait smail wilaya de Bejaia où il se développe de façon spontanée. Après la récolte les myrtilles sont soigneusement nettoyées, coupées puis les parties non comestibles sont retirées et la pulpe et les grains sont séparés. Ils sont ensuite placés dans une étuve où les conditions de séchage optimales sont respectées : température 42 °C, ventilation à 100% pendant 3 jours afin de perfectionner le séchage et d'obtenir un meilleur broyage.

Les myrtes séchés puis broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à ce qu'on obtienne une poudre fine. Par la suite, cette dernière a été tamisée en utilisant un tamis de 250 µm de diamètre afin d'obtenir une poudre homogène. La poudre obtenue elle est stockée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière afin d'éviter toute détérioration de l'échantillon et pour réaliser l'extraction **(figure06).**

Figure 6 : Les différentes étapes de préparation du matériel végétal

2. Extraction de colorant

2.1 Préparation des extraits

Une quantité de 1g de poudre a été ajoutée dans 4ml d'éthanol a 80% puis sont mis dans un bain mari, après la filtration récupéré le culot et ajouté 4ml de Et-OH et le remettre au bain mari, ensuite mélanger les deux filtrats et ajouté l'éthanol 80% jusqu'à 20ml (**Berna Celic et al 2023).**

2.2 Dosage des polyphénols

2.2.1 Poly-phénols totaux

Le dosage des poly-phénols totaux a été relié Selon la méthode du Folin-Ciocalteu décrite par **Singleton et Rossi (1965).** 500µl d'extrait dilué ajouté à 500µl du réactif de Folin non dilué, puis ajouté 7, 5ml de l'eau distillée. Après l'incubation pendant 10 min le mélange est homogénéisé, puis ajouté un volume de 500µl de carbonate de sodium (NaCO3) à 20%. L'absorbance est lue à 755 nm après 20min d'incubation.

Les concentrations en composés phénoliques des extraits sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique **(annexe 1).** Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique (EAG) par gramme de poudre.

2.2.2 Flavonoides

Les flavonoïdes totaux ont été quantifiés par la méthode colorimétrique décrite par **Djeridane et al. 2006)**. En bref, une aliquote de 1ml de chlorure d'aluminium (2% dans du méthanol) a été ajouté a 1ml d'extrait. Après 10min d'incubation, l'absorbance a été lue à 415 nm. Les concentrations en flavonoïdes des extraits sont déterminés en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique **(annexe 2)** et la teneur totale en flavonoïdes a été exprimée en milligrammes d'équivalente quercitine par gramme d'extrait (mg EQ/gP).

2.2.3 Anthocyanes

Les dosages des anthocyanes a été effectué selon la méthode de pH différentiel décrite par **Guisti., 2005.** Des solutions tampon (PH1 et PH 4, 5) ont été préparées.

Tampon pH 1 (contenant du chlorure de potassium, 0, 025 M). Ajouter environ 980 ml d'eau distillée à 1, 86 g de KCl dans un bécher. Procéder à la mesure du pH et à l'ajustement à 1, 0 (±0, 05) en utilisant du HCl (environ 6, 3 ml). Déplacer vers une fiole jaugée de 1 L et mélanger

à l'eau distillée pour obtenir un volume élevé. Le Tampon pH 4, 5 avec de l'acétate de sodium, 0,5 M. Évaluer la masse de 54, 43 g de CH3CO2Na•3H2O dans un bécher et ajouter de l'eau distillée jusqu'à obtenir environ 960 ml d'eau. Évaluez le pH et ajustez-le à 4, 5 (±0, 05) en utilisant du HCl (avoisinant 20 ml).

L'absorbance de la prise d'essai diluée avec un tampon pH 1, et tampon pH 4, 5 à 520 et 700 nm. Les prises d'essai sont lues par rapport à une cellule vierge remplie d'eau distillée. La teneur en anthocyanes a été exprimée en (milligrammes équivalents cyanidine-3-glucoside par gramme (mg/g) de poudre selon les équations 3 et 4) :

Anthocyanes totaux (mg/g)= A×MW×DF×1000/ϵ×l A est la différence d'absorbance

entre les deux pH, calculée comme **A=(ApH1.**

0−ApH4. 5)$_{520}$ -(ApH1. 0−ApH4. 5)$_{700}$

- **MW** est le poids moléculaire de l'anthocyane de référence (cyanidine-3-glucoside, MW = 449. 2 g/mol).
- **DF** est le facteur de dilution de l'échantillon.
- **ϵ** est le coefficient d'extinction molaire (pour le cyanidine-3-glucoside, ϵ26, 900 L/mol·cm à 520 nm).
- **l** est la longueur du trajet de la cuve, généralement 1 cm.

3. Activités antioxydantes

3.1 DPPH

Le test DPPH a été effectué Selon La méthode de **Liyana-Pathiranan et Shahidi 2005**). Un volume de 375µl d'Et-OH a été ajouté dans 500µl d'extrait, puis ajouté de 125µl de DPPH (dans Et-OH), Le mélange a été soigneusement vortexé et laissé dans l'obscurité dans la pièce, pendant 30 min. L'absorbance du mélange était Mesurée par spectrophotométrie à 517 nm. Le pourcentage de réduction du radical DPPH est calculé par l'équation :

DPPH = {(Contrôle Abs – Échantillon Abs)/(Abs contrôle)} × 100

Où; Le contrôle Abs est l'absorbance du radical DPPH + méthanol ; L'échantillon Abs est l'absorbance du radical DPPH + extrait de l'échantillon ou standard.

3.2 Test au Phosphomolybdate

Un volume de 10µl d'extrait est ajouté de 90µl de solvant d'extraction et de 1ml du réactif phosphomolybdate. Le mélange est incubé en bain aqueux à 95°C pendant 90 minutes, puis refroidir à température ambiante, l'absorption est mesurée a une longueur d'onde de 695 nm sur un spectrophotomètre par rapport à un blanc échantillon (**Prieto et al 1999**). Et les résultats sont exprimés en mg d'AAE/100g

3.3 Test à La Ferrosine

Un volume de 100µl de FeCl a été ajouté à 100µl de l'extrait, puis ajouté de 900µl met-OH le mélange est laissé incubé pendant 5 min. puis ajouté 100µl de la ferrosine et vortexer. L'absorbance du mélange résultant a été mesuré à 562nm après 10 min D'incubation (**saccarro cruz et al 2015**). Les résultats sont exprimés en termes de pourcentage de chélation du fer, calculé à partir de l'absorbance mesurée. Est l'absorbance de l'échantillon contenant le composé chélateur.

4. Préparation des extraits aqueux pour l'élaboration du yaourt

4.1 Préparation des extraits aqueux

Une solution aqueuse de 10% de poudre de *Myrtus Communis* (w/v) a été préparée, agitée pendant 10 min, homogénéisée à l'ultraturrax puis a subi sonication de 100% d'amplitude pendant 10min. l'extrait obtenu a été centrifugée a 4500pm pendant 10 min puis filtrée. L'extraction a été répétée et le volume final a été concentrée au Rota-vapeur jusqu'à élimination de 40% du contenu en eau **(Ahmad M. Alamri et al. 2024).**

4.2 Elaboration du yaourt

Le processus de fabrication du yaourt commence par la préparation de 900 ml de lait UHT auquel on ajoute du sucre. Ce mélange est ensuite pasteurisé en le chauffant à 95°C pendant 5 minutes pour éliminer les bactéries indésirables. Après cette étape de pasteurisation, le lait est refroidi à 43°C pour atteindre une température optimale pour l'ajout des ferments lactiques. Ces ferments sont ensuite inoculés dans le lait, initiant ainsi le processus de fermentation. Le mélange est ensuite transféré dans une yaourtière où il est incubé pendant 4 à 5 heures pour permettre aux ferments de transformer le lactose en acide lactique, ce qui épaissit le lait et lui confère la texture caractéristique du yaourt. Une fois la fermentation terminée, des extraits de *Myrtus communis*, ont été ajoutés à plusieurs concentrations : 1, 2, 4, et 8%. Le mélange est ensuite brassé soigneusement pour bien incorporer les extraits. Enfin, le yaourt est stocké à une

température de 4°C pour stopper la fermentation et préserver sa fraîcheur jusqu'à la réalisation d'analyses **(figure 7).**

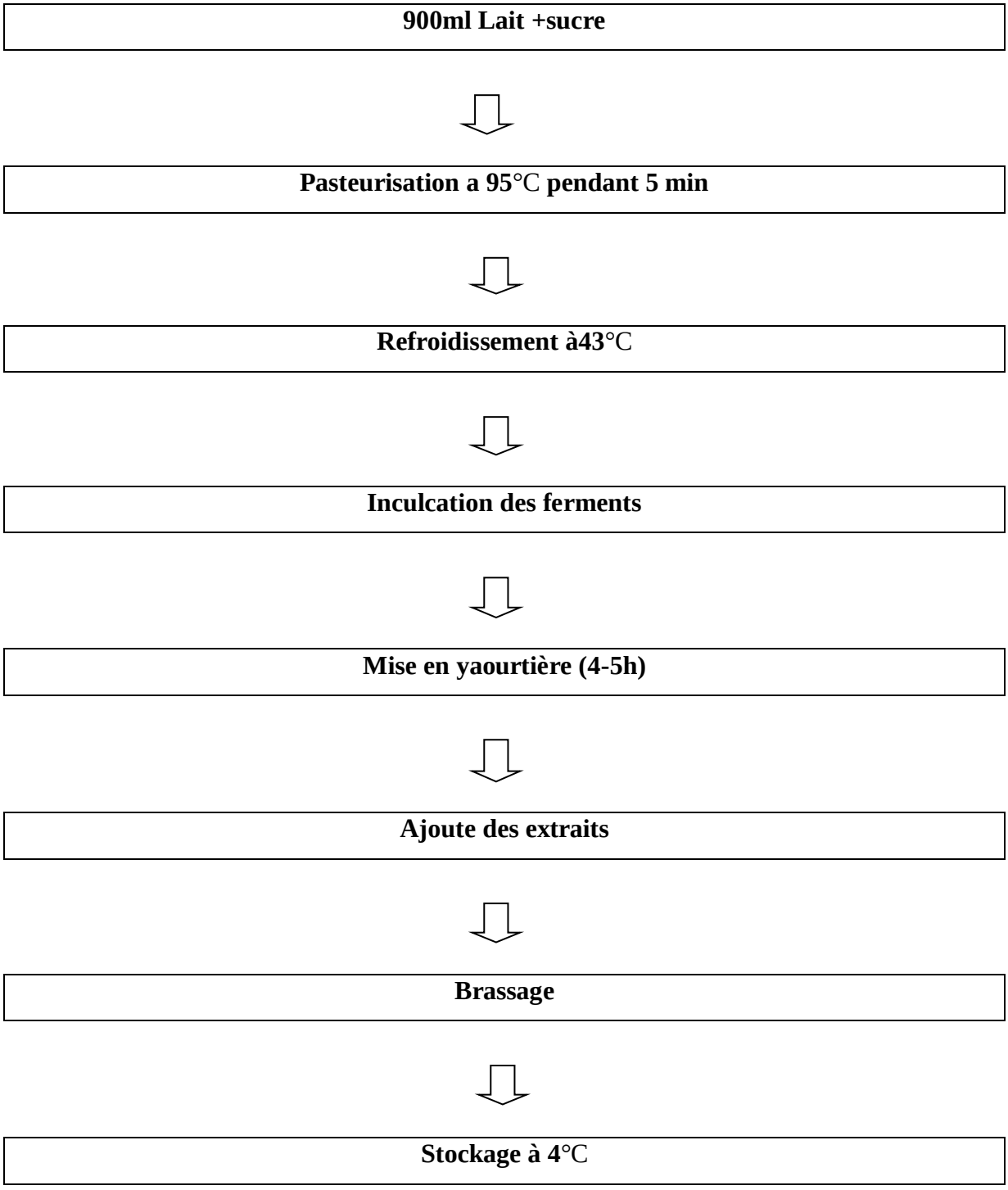


Figure 7 : Diagramme de fabrication de yaourt

4.3. Analyses physico-chimiques du yaourt

4.3.1. Humidité

L'humidité du yaourt a été mesurée par la pesée d'un gramme du yaourt de chaque concentration dans des boites pétri et étuvage à 105°C jusqu'à l'obtention de poids stable (**AOAC, 1975**).

Selon l'AOAC (1975), le taux de cendre est obtenu par incinération au four à moufle. Une quantité d'un gramme du chaque yaourt a été pesé dans une creuse de porcelaine, puis placée dans un four à moufle (chauffer à 550°C pendant 5 h). Après l'incinération, les coupelles sont retirées du four puis laissées refroidir dans un dessiccateur. Les coupelles contenant le résidu la teneur. Sont pesées la teneur en cendre est calculée par la formule suivant :

C%=P1-Pe/P2*100

Pe : La masse (en gramme) de la prise d'essai.

P1 : La masse (en gramme) après incinération.

P2 : La masse (en gramme) de poids vide.

4.3.4 Densité

La densité du yaourt désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de Yaourt à 20°C et la masse du même volume d'eau distillé (**Pointurier, 2003**).

4.3.4 PH

La sonde du pH-mètre est immergée directement dans chaque échantillon (les yaourts à différents concentration). Ensuite, la valeur du pH est directement affichée sur l'écran du pH-mètre, avec un suivi de 14 jours. (**AFNOR v05-108**).

4.3.5 Teneur en eau et détermination de la matière sèche

D'après **AOAC (1975).** La teneur en eau est déterminée en évaporant l'eau de la prise d'essai dans une étuve. Une capsule contenante 1g de yaourt a été pesée et placée dans une étuve réglée à 105°C jusqu'à ce qu'elle atteigne un poids constant.

Teneur en eau (%) = (P−P1)/ P×100

P : masse en gramme de la prise d'essai.

P1 : masse en gramme de la prise d'essai après séchage.

5. Préparation des extraits du yaourt

Un aliquote de 20ml de solvant (17ml de l'eau distillé +3ml de HCL (0. 1 M)) a été ajouté à 2g de yaourt de chaque concentration, puis agité pendant 15 min et centrifugé à 2486 g pendant 10 min, ensuite le surnagent a été récupérer, filtrer et congelé (**Benchikh et al, 2021**).

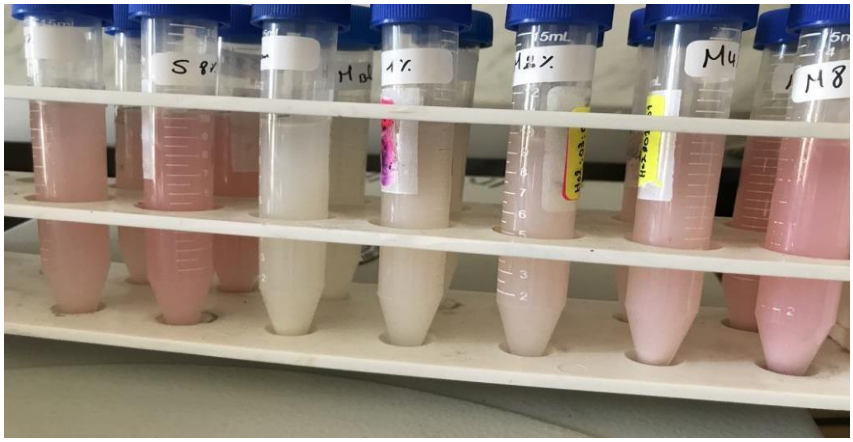


Figure 8 : Photographies d'extraits des yaourts à différents concentrations de *Myrtus communis.*

5.1. Propriétés anti oxydantes des extraits du yaourt

La teneur en polyphénols, en flavonoïdes, en anthocyanines ainsi que les activités anti-oxydantes (méthode DPPH, ABTS, test à la ferrozine et phosphomolybdate) ont été réalisées selon les mêmes méthodes déjà citées.

.

Chapitre III

Résultat et Discussions

1. Dosage des antioxydants

Le **Tableau V** présente les antioxydants de la poudre *Myrtus communis.*

Tableau V: *Les antioxydants de la poudre Myrtus communis.*

	Polyphénols	**Flavonoïdes**	**Anthocyanes**
Valeur	5281, 03 ± 204, 89 (mg EAG\g)	1102, 6 ± 21, 61 (mg EQ\g)	4231, 49 ± 367, 03 (AC)

1.1 Poly-phénols totaux

L'extrait de *M. communis* analysé a montré une teneur en polyphénols totaux de 52,811±2,049 mg EAG/100g de poudre. Cette valeur moyenne en polyphénols indique une richesse significative en composés antioxydants documentées dans la littérature scientifique, telles que discutées par **(Scalbert et al. 2005)** rapportent que les fruits, légumes, contiennent entre **10 et 300 mg de polyphénols/100 g**. Le résultat obtenu montre que *Myrtus communis* comme une source puissante de polyphénols.

1.2 Flavonoïdes

Les résultats montrent une teneur moyenne en flavonoïdes est 1102, 6 ± 21, 61 mg EQ\100g. Ce qui est relativement élevé. En revanche (**Djeridane et al. 2006)** ont trouvés des concentrations variant entre **1,62 mg/g** et **13,20 mg/g** pour les flavonoïdes dans des extraits de *M. communis.* Cette différence peut être attribuée à la variabilité des conditions d'extraction, à la diversité géographique des échantillons aussi. Cette valeur élevée en flavonoïdes indique une richesse significative en composés antioxydants .

1.3 Anthocyanes

Les résultats obtenus montrent une forte influence du pH sur la stabilité et la concentration en anthocyanines. À **pH 1**, la valeur d'absorbance à 520 nm (0.471) est relativement élevée, ce qui indique une concentration importante d'anthocyanines, en accord avec les observations de (**Giusti et Wrolstad.2005)**, qui rapportent des valeurs d'absorbance similaires (0,45) pour des extraits acides d'autres fruits riches en anthocyanines. Cependant, à **pH 4.5**, les valeurs d'absorbance à 520 nm diminuent considérablement (0.049), suggérant une dégradation ou une instabilité accrue des anthocyanines à un pH plus neutre, ce qui est

Également en accord avec les résultats de (**Giusti et Wrolstad.2005)** ont trouvés (0.05) ce qui montrent que les anthocyanines sont moins stables à pH élevé. La concentration en anthocyanines (MAC) mesurée à **pH 1**(211,57 mg/l) est proche de celle rapportée par (**Giusti et Wrolstad2005)**, bien qu'elles soient légèrement inférieures à leurs valeurs de (250-350 mg/l). En revanche, **à pH 4.5**, la concentration en anthocyanines dans ces résultats (0.42 mg/l) est significativement plus faible, ce qui reflète la dégradation de ces composés dans des conditions moins acides. Ces résultats confirment l'importance de l'acidité pour préserver la stabilité des anthocyanines, et suggèrent que des applications de **Myrtus communis** dans des produits à pH acide.

2. Activités antioxydantes

Tableau VI: *Les activités antioxydants de la poudre Myrtus communis*

DPPH	FERROZINE	PHOSPHOMOLYBDATE
69, 52 ± 2, 02	50, 09 ± 3, 55	108, 38 ± 7, 50

2.1 Test DPPH

Les résultats obtenus pour l'extrait de *Myrtus communis* montrent une inhibition moyenne du radical DPPH de **69,52 ± 2,02 %**, indiquant une activité antioxydante notable. Cependant, ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par (**Liyana-Pathirana et Shahidi. 2005)**, qui ont observé des pourcentages d'inhibition supérieurs à **80 %** pour des extraits végétaux riches en polyphénols. Cette différence pourrait s'expliquer par la présence de composés bioactifs moins réactifs avec le radical DPPH. De plus, les variations méthodologiques, telles que la concentration des extraits ou la durée d'incubation, pourraient influencer ces écarts. Malgré ces différences, les résultats confirment que *Myrtus communis* possède une activité antioxydante significative, ce qui met en évidence son potentiel pour des applications alimentaires ou thérapeutiques.

2.2 Test a La ferrosine

Les résultats obtenus montrent une activité antioxydante variable, exprimée en pourcentage d'inhibition des ions ferreux. La valeur obtenue c'est 50,09 % Cette valeur permette que les extraits de *Myrtus communis* utilisés dans cette étude possèdent une capacité modérée à réduire les ions ferreux, contribuant ainsi à une bonne activité

antioxydante. Comparés aux résultats de **(Saccarro Cruz et al.2015**), qui ont rapporté une activité antioxydante légèrement plus élevée, aux alentours de 55 % pour des extraits similaires, il est évident que les résultats obtenus sont proches mais légèrement inférieurs. Cette différence pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que les conditions expérimentales (temps de réaction, température), ou encore la composition chimique spécifique des extraits utilisés.

Dans l'ensemble, ces résultats confirment que les extraits de *Myrtus communis* possèdent une bonne activité antioxydante.

2.3 Phosphomolybdate

Les résultats du test montrent une activité antioxydante importante avec une valeur 108, 38 ± 7, 50 mg/g en équivalents d'acide ascorbique. Cette valeur indique une teneur élevée en composés antioxydants dans l'extrait de *Myrtus communis*, ce qui est cohérent avec la richesse en polyphénols, flavonoïdes et autres métabolites bioactifs présents dans *Myrtus communis*. En comparaison avec les travaux de (**Prieto et al. 1999)**, qui ont utilisé la même méthode pour quantifier l'activité antioxydante totale, les résultats obtenus sont similaires à ceux rapportés pour des extraits végétaux connus pour leur forte capacité antioxydante. Les variations mineures entre les échantillons peuvent s'expliquer par des différences de concentration ou de composition en antioxydants, dues aux conditions d'extraction ou à l'origine des échantillons. En conclusion ces résultats confirment que *Myrtus communis* représente une source prometteuse d'antioxydants naturels pour des applications alimentaires ou pharmaceutiques.

3 Analyses physicochimiques du yaourt

3.1 pH du yaourt enrichi avec l'extrait de *Myrtus communis*

L'ajout d'extraits de *M. communis* dans les produits laitiers, tels que le yaourt, suscite un intérêt croissant en raison de ses potentielles propriétés stabilisatrices et conservatrices. Le pH du yaourt, un paramètre crucial influençant à la fois sa texture et sa durée de conservation, est particulièrement affecté par l'incorporation de ces extraits. Les résultats de suivi de pH pendant 14 jours représentés dans la figure ci-dessus.

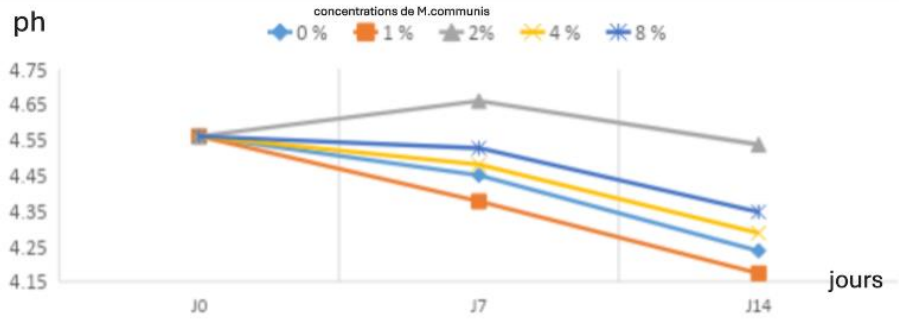


Figure 9 : *Évolution du pH du Yaourt Enrichi avec M. communis au Fil du Temps.*

Les résultats montrent que l'ajout d'extrait de *Myrtus communis* stabilise le pH du yaourt au fil du temps. La diminution du pH est généralement un bon signe, car elle indique que la fermentation s'est déroulée correctement. À 2 % d'extrait, le pH augmente légèrement (4,66 à J7) et diminue modérément à J14, indiquant un effet protecteur contre l'acidification excessive. **(Mokni et al.2022)** confirment ces résultats, montrant que les polyphénols présents dans *Myrtus communis* réduisent l'activité des bactéries lactiques, ralentissant ainsi la baisse du pH. Les yaourts enrichis à 2-8 % montrent une **stabilité du pH plus élevée** par rapport aux témoins, ce qui est similaire à les ces résultats où le pH reste stable pour 2 % (4,66 à J7) et modérément diminue pour 4-8 % Enrichir le yaourt avec 2-8 % d'extrait pourrait donc prolonger sa stabilité et sa qualité.

3.2 La densité

L'étude de la densité est essentielle pour évaluer comment les extraits de *M. communis* affectent la composition physique du yaourt. La densité mesure la compacité des particules et peut révéler comment les composés colorants interagissent avec les constituants du yaourt, Influençant ainsi sa texture et sa viscosité. Les résultats obtenus sont représentés dans la **(figure 10)**

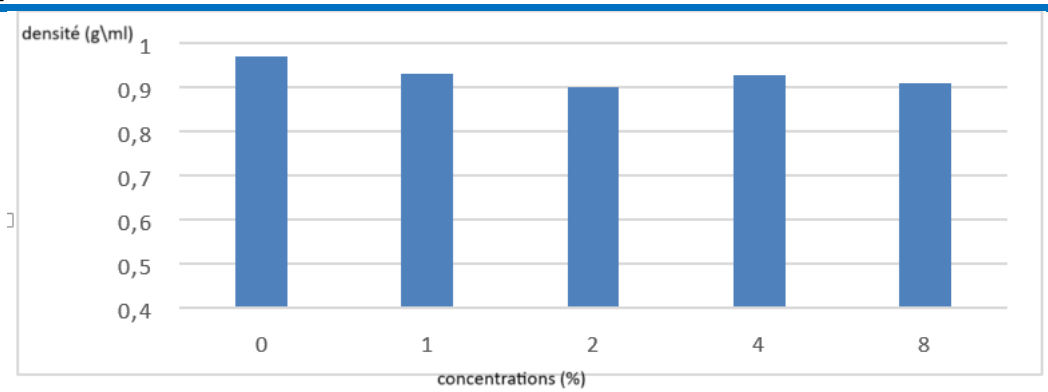


Figure 10 : *La densité du yaourt en fonction de différentes concentrations d'extrait de Myrtus communis (1%, 2%, 4% et 8%)*

La densité du yaourt enrichi en *Myrtus communis* diminue globalement avec l'augmentation de la concentration en extrait, passant de **0,969 g/ml** pour le témoin (0%) à **0,908 g/ml** à 8%. Ce comportement est similaire aux observations de (**Pointurier.2003),** qui a montré que l'incorporation d'extraits végétaux riches en polyphénols entraîne une réduction de la densité des produits laitiers. Cette diminution est principalement due à l'interaction des polyphénols avec les protéines du yaourt, modifiant ainsi la structure physique de la matrice, et à l'effet diluant des extraits aqueux, réduisant légèrement la teneur en solides. Une légère remontée de la densité est toutefois observée à **4% (0,926 g/ml),** probablement en raison d'une stabilisation intermédiaire des protéines et des solides par les polyphénols, avant que leur effet diluant ne reprenne à des concentrations plus élevées.

Ces recherches appuient l'idée que la variation de densité observée pourrait avoir des implications significatives sur la texture et la qualité sensorielle du yaourt enrichi, nécessitant une optimisation minutieuse des concentrations d'extrait de *M. communis* pour atteindre les caractéristiques désirées du produit fini.

3.3 Taux de cendre

Les résultats obtenus pour le **taux de cendres** des yaourts enrichis avec différentes concentrations de *Myrtus communis (1%,2%,4% et 8%)* varient entre **3,008 %** dans la conentration 1% et **3,049 % dans la concentration 8%**. Comparés aux normes de **(l'AOAC.1975)**, qui indiquent que le taux de cendres pour les yaourts est généralement compris entre **0,7 % et 1 %** pour des yaourts classiques, les taux obtenus dans cette étude sont nettement plus élevés. Cela peut être attribué à l'enrichissement en *Myrtus communis*,

qui est une source riche en composés bioactifs et minéraux. L'ajout de cet extrait pourrait donc avoir contribué à l'augmentation significative du contenu en matières minérales, ce qui est cohérent avec les valeurs observées. Les variations entre les échantillons peuvent être dues aux concentrations différentes d'extrait ajouté, à la distribution inégale des composés minéraux ou à des différences dans les conditions expérimentales. En conclusion, l'enrichissement avec *Myrtus communis* a probablement amélioré la teneur en cendres des yaourts, ce qui pourrait refléter une augmentation des minéraux bénéfiques pour la santé.

3.4 Taux d'humidité

Les résultats obtenus pour le taux d'humidité des yaourts enrichis en différentes concentrations d'extrait de *Myrtus communis* varient de 2,36 % à 2,96 %, avec les échantillons contenant 1 % et 4 % d'extrait de *Myrtus communis* affichant les taux les plus élevés. Ces valeurs sont en accord avec les normes de **(l'AOAC.1975)**, qui prévoient un taux d'humidité compris entre 2,5 % et 3,5 % pour les yaourts traditionnels. L'ajout d'extrait de *Myrtus communis* semble avoir un effet modéré sur la rétention d'humidité, ce qui pourrait être lié aux interactions entre les polyphénols présents dans l'extrait et les protéines du lait, améliorant ainsi la stabilité du produit. Cependant, à une concentration plus élevée (8 %), une légère diminution du taux d'humidité a été observée, ce qui pourrait être dû à une perturbation de la matrice protéique. Globalement, les résultats suggèrent que l'enrichissement avec *Myrtus communis* n'affecte pas négativement le taux d'humidité du yaourt et reste conforme aux attentes selon les standards AOAC.

4. Dosage antioxydants des yaourts

4.1. Polyphénols totaux des yaourts

Les poly-phénols sont des composés naturels abondants dans de nombreux végétaux, reconnus pour leurs propriétés anti-oxydantes bénéfiques pour la santé humaine. L'incorporation d'extraits riches en poly-phénols dans des produits alimentaires comme le yaourt représente une stratégie innovante pour améliorer leur profil nutritionnel **(Hamlaoui, et al. 2023).** Les résultats obtenus sont montré dans la (**figure 11).**

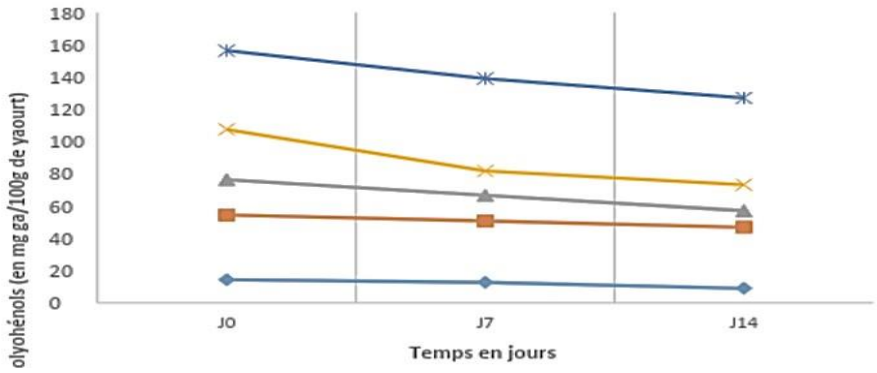


Figure 11 : *Les polyphénols totaux de yaourt enrichi avec Myrtus communis au fil du temps*

Les résultats montrent que l'ajout d'extrait de *Myrtus communis* dans le yaourt entraîne une augmentation significative des polyphénols totaux, avec des concentrations initiales plus élevées dans les yaourts enrichis comparées au groupe témoin. Cependant, au fur et à mesure du stockage, une diminution progressive de la teneur en polyphénols est observée, notamment entre J0 et J14, ce qui est cohérent avec les études existantes sur la dégradation des anthocyanines et autres polyphénols sensibles à l'oxydation et à la chaleur dans les produits laitiers. Cette dégradation peut être attribuée à plusieurs facteurs, tels que la sensibilité des polyphénols à l'oxydation, les conditions de stockage et la température. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de **(Jiménez-Monreal et al. 2013**) et (**Zhao et al. 2019)**, qui ont également rapporté une perte de polyphénols dans les produits laitiers enrichis au fil du temps. De plus, la variabilité observée entre les échantillons suggère des différences dans la préparation des lots et la composition naturelle des extraits. Ces données

Soulignent la nécessité d'améliorer la stabilité des polyphénols dans les produits laitiers, éventuellement par l'utilisation d'antioxydants ou de méthodes de conservation adaptées.

4.2. Flavonoïdes

Les résultats illustrés sur la (**figure 12)** montrent une diminution progressive des flavonoïdes dans les yaourts enrichis avec différentes concentrations d'extrait de *M. communis* sur une période de 14 jours. Cette observation suggère une possible dégradation des flavonoïdes au fil du temps dans ces matrices alimentaires. Selon les études antérieures, les flavonoïdes sont connus pour leur sensibilité à divers facteurs environnementaux tels que

la lumière, la chaleur, et le pH, ce qui peut conduire à leur dégradation dans les produits alimentaires **(Rodríguez-Roque et al., 2019).**

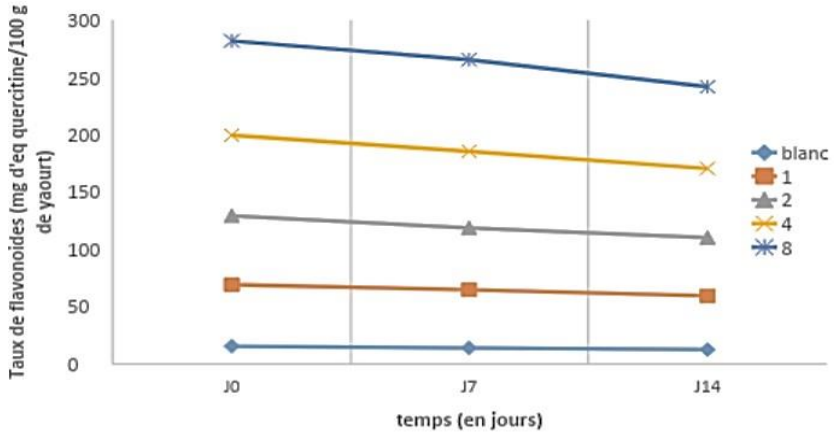


Figure 12 : *Le taux de flavonoïdes de yaourt enrichi avec les extraits du M. communis au fil du temps*

Les résultats obtenus montrent une diminution progressive des flavonoïdes dans les yaourts enrichis avec différents extraits de **Myrtus communis** au fil du temps, de J0 à J14, indiquant une dégradation des composés bioactifs. Cette dégradation est plus marquée à des concentrations plus élevées d'extrait de *Myrtus communis*, bien que les yaourts enrichis conservent des niveaux de flavonoïdes plus élevés que le yaourt blanc (contrôle). Ces tendances sont cohérentes avec les résultats d'autres études, telles que celles de **(Jiménez-Monreal et al. 2013)** et **(Zhao et al. 2019)**, qui ont observé une dégradation similaire des flavonoïdes dans des produits laitiers enrichis, due à l'oxydation et aux conditions de Stockage. Bien que l'ajout de Myrtus communis augmente initialement la teneur en flavonoïdes, la stabilité de ces composés est limitée dans les produits laitiers..

4.3. Anthocyanes

Les résultats obtenus pour les anthocyanines dans les yaourts enrichis avec différentes concentrations d'extrait de *Myrtus communis* montrent une augmentation de l'absorbance à 520 nm, particulièrement pour les concentrations élevées (4% et 8%) d'extrait , ce qui indique une concentration plus importante en anthocyanines au fil du temps. À pH 1, une dégradation plus rapide des anthocyanines semble se produire, ce qui est illustré par une baisse de l'absorbance à 520 nm, tandis qu'à pH 4,5, la stabilité des anthocyanines est

meilleure, avec une absorption plus constante. Ces résultats sont cohérents avec ceux d'études antérieures telles que celles de (**Falleh et al. 2019)** et **Zhao et al. 2019)**, Qui ont observé que le pH et la durée de conservation influencent la stabilité des anthocyanines dans les produits laitiers. En particulier, un pH plus acide (comme pH 1) conduit à une plus grande dégradation des anthocyanines, tandis qu'un pH plus neutre (comme pH 4,5) favorise leur conservation. Ainsi, les résultats confirment que l'environnement acide du yaourt impacte la stabilité des anthocyanines, avec des concentrations plus élevées de *Myrtus communis* montrant des effets plus marqués sur la couleur et la stabilité du produit.

5. Les activités antioxydantes des yaourts

5.1 DPPH

Les résultats du test DPPH montrent que l'activité antioxydante du yaourt enrichi en extrait de *M. communis* augmente avec la concentration en extrait, confirmant un effet dose-dépendant. L'inhibition passe de **48,19 %** à **86,85 %** à J1 pour des concentrations de **1 %** à **8 %**, respectivement. Toutefois, une légère diminution de l'activité est observée au fil du temps, notamment à **J14**, où les valeurs atteignent **38,99 %** (1 %) et **74,98 %** (8 %), probablement en raison de la dégradation des anthocyanines en milieu acide.

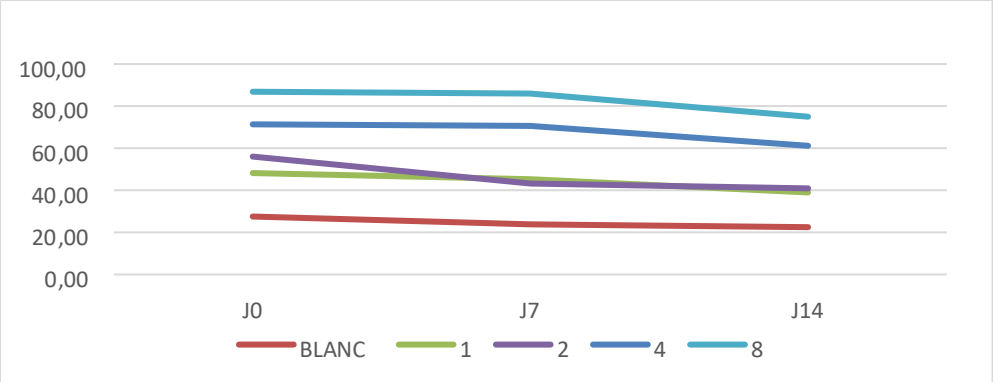


Figure 13 : *Évolution de l'activité antioxydante (DPPH) dans le yaourt enrichi avec des concentrations variées d'extrait de Myrtus communis au fil du temps*

Ces résultats sont cohérents avec les travaux de (**Falleh et al.2019)**), qui ont démontré que les extraits riches en polyphénols et flavonoïdes améliorent significativement la capacité antioxydante des yaourts, malgré une instabilité relative des composés actifs au stockage. En comparaison, vos résultats soulignent l'efficacité optimale des concentrations élevées (4 % et 8 %) pour préserver l'activité antioxydante, confirmant le potentiel de *Myrtus communis* comme ingrédient fonctionnel dans les produits laitiers enrichis

5.2 Ferosine

Les résultats du test Ferrosine montrent que l'activité antioxydante des yaourts enrichis en extrait de *Myrtus communis* augmente de manière dose-dépendante. À J1, les pourcentages d'inhibition passent de 38,93 % pour le témoin. à 52,21 %, 59,73 %, 63,62 % et 88,99 % respectivement pour les concentrations de 1 %, 2 %, 4 % et 8 %. Une diminution progressive est observée jusqu'à J14, où l'activité reste cependant plus élevée qu'au témoin, avec 41,90 % pour 1 %, 52,38 % pour 2 %, 52,70 % pour 4 % et 72,06 % pour 8 %.

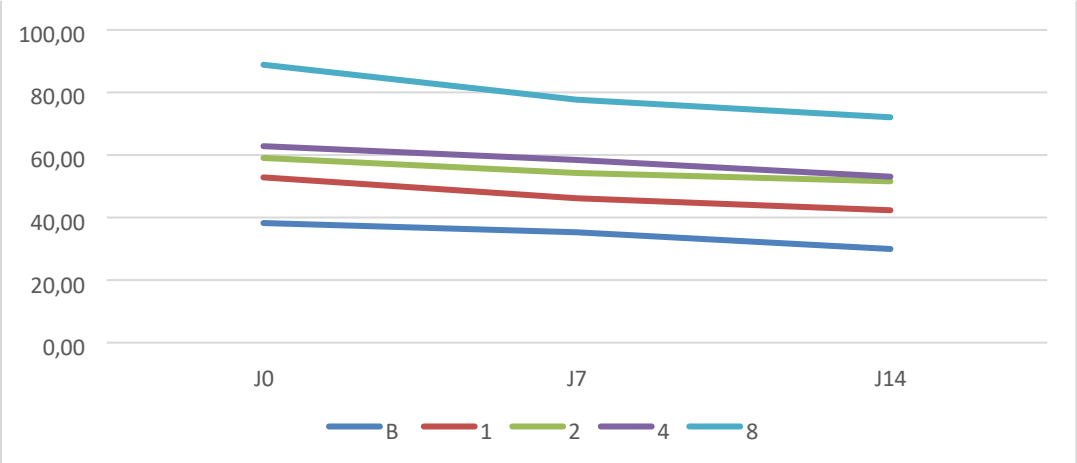


Figure 14 : *Évolution de l'Activité Antioxydante Évaluée par Ferrosine dans des Échantillons à Différentes Concentrations au Fil du Temps.*

Cette étude confirme l'efficacité de l'extrait de *Myrtus communis* dans la protection contre l'oxydation grâce à sa richesse en polyphénols et anthocyanines, tout en illustrant une légère dégradation au fil du temps, comme le rapportent (**Jiménez-Monreal et al. 2013)** et (**Zhao et al. 2019)**. Ces auteurs soulignent également qu'une concentration élevée en antioxydants ralentit les réactions oxydatives et prolonge la stabilité des produits laitiers enrichis

5.3 Phosphomolybdate

Les résultats montrent une augmentation progressive de l'absorbance avec l'accroissement de la concentration d'extrait de *Myrtus communis* dans le yaourt, notamment les échantillons enrichis à une concentration de 8% présentant une absorbance

significativement plus élevée que ceux à des concentrations de 1%, 2% ou 4%. ce qui pourrait être attribué à l'augmentation des composés phénoliques connus pour leurs propriétés antioxydantes **(Jiménez-Monreal et al., 2013)**. Les variations observées dans l'absorbance au fil du temps pourraient refléter la dynamique de libération et de stabilité des polyphénols dans le yaourt enrichi **(Zhao et al., 2019).**

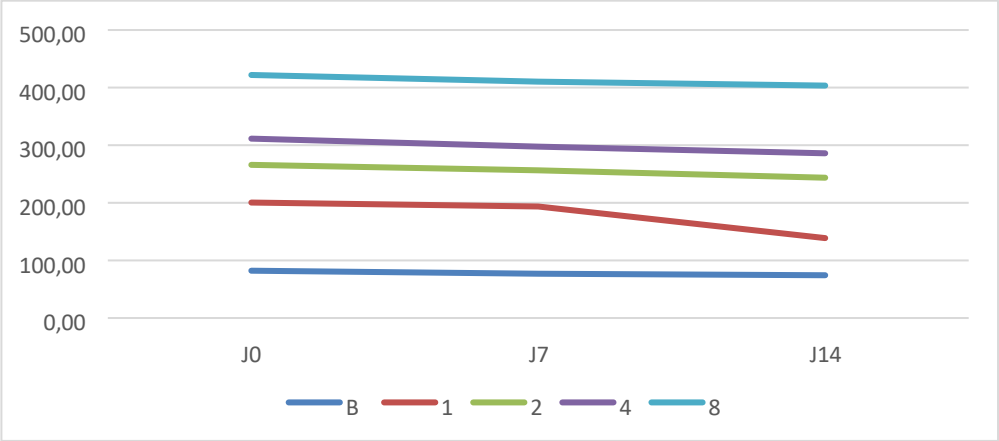


Figure 17 : *Évolution de l'Activité Antioxydante Évaluée par Phosphomolybdate dans des Échantillons de Yaourt Enrichis en Myrtus communis au Fil du Temps*

Ces résultats suggèrent que l'incorporation d'extraits de *Myrtus communis* pourrait offrir des avantages potentiels en termes de propriétés antioxydantes et de stabilité des composés bioactifs dans les produits laitiers.

Conclusion

Conclusion

Ce mémoire a démontré que l'utilisation des baies *Myrtus communis* comme source de colorant naturel dans les yaourts est non seulement techniquement réalisable mais aussi prometteuse en termes de valeur nutritionnelle ajoutée. En réponse aux préoccupations croissantes concernant les additifs alimentaires artificiels, cette étude soutient l'innovation vers des solutions plus naturelles et durables dans l'industrie alimentaire.

Nous avons exploité l'utilisation de *Myrtus communis* comme source de colorant naturel dans un produit laitier à large consommation : le yaourt brassé. L'analyse de la poudre de myrte a révélé sa richesse en composés bioactifs ainsi que son potentiel antioxydant. L'incorporation de l'extrait de ce fruit dans des yaourts a permis d'obtenir des yaourts possédant des propriétés physicochimiques satisfaisantes. En plus d'explorer les aspects techniques de cette application. Ce travail met en évidence les avantages potentiels pour la santé des consommateurs grâce à l'incorporation de composés bioactifs dans les yaourts.

Néanmoins ces résultats sont encourageants et le présent travail mérite d'être poursuivi et approfondi en :

- Analyser l'impact sensoriel du colorant sur le yaourt et l'acceptabilité sensorielle du yaourt enrichi par un panel d'évaluation ;
- Explorer d'autres aspects de la formulation, tels que l'optimisation des concentrations de colorant pour maximiser les avantages sensoriels et nutritionnels ;
- Comparer les résultats avec des formulations contenant des colorants artificiels ;
- Etendre la durée de suivi afin d'évaluer la stabilité du colorant au cours d'une durée de conservation étalée.

Refferences bibliographiques

A

1. AOAC. 1975, . Official Methods of Analysis. 12 Ed. Association of officiation of official analytical chemists. AOAC Washinton, D. C.

2. Ayar, A., & Gurlin, E. (2014). Production and sensory, textural, physicochemical properties of flavored spreadable yogurt. Life Science Journal, 11(4), 58-65.

B

5. Barboni, T., (2006). Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Corse, p26.

6. Baytop, T. (1999). Therapy with medicinal plants in Turkey past and present, 2nd ed. Nobel Tıp Kitabevi, Istanbul.

7. Beloued, A. (2003). Contribution à l'étude phytochimique et pharmacologique de *Myrtus communis* L. Thèse de Magister, Université de Constantine, Algérie

8. Benchikh, Y., Aissaoui, A., Allouch, R., & Mohellebi, N. (2021). Optimising anthocyanin extraction from strawberry fruits using response surface methodology and application in yoghurt as natural colorants and antioxidants. Journal of food science and technology, 58, 1987-1995.

9. Bouallagui, Z., Hanana, M., & Sayadi, S. (2023). "Biological activities of phenolic compounds and future perspectives. " In M. Galanakis (Ed.), Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications (pp. 279-299). Elsevier.

10. Boulila, A., Kchaou, W., Hammi, K. M., Belghith-Fendri, L., & Ghoul, M. (2022). "Effect of *Myrtus communis* L. extract on anthocyanins and antioxidant activity of yogurt during storage. " Food Chemistry, 379, 132096.

11. Brahmi, F., Mateos-Aparicio, I., Garcia-Alonso, A., Abaci, N., Saoudi, S., SmailBenazzouz, L., Boulekbache-Makhlouf, L. (2022). Optimization of conventional extraction parameters for recovering phenolic compounds from potato (Solanum tuberosum L.) peels and their application as an antioxidant in yogurt formulation. Antioxidants, 11(7), 1401.

C

13. Cakir, A. (2004). Essential oil and fatty acid composition of the fruits of Hippophae rhamnoides L. (Sea Buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey. Biochemical systematics and ecology, 32(9), 809-816.

14. Çelik, B., & Şan, B. (2023). Determination of biochemical contents of Myrtle (*Myrtus communis* L.*)* fruits at different maturity levels. Erwerbs-obstbau, 65(6), 2501-2507.

15. 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.

16. Corrieu G., Luquet F M., 2008 - bactéries lactiques de la génétique aux ferments. Ed. Lavoisier. Paris. France. pp . 472 -849.

2. Couplan, F. (2009). *Le régal végétal : Plantes sauvages comestibles.* Éditions Sang de la Terre.

3. Couverchel. (1839). *Flore des environs de Paris.*

D

18. Das, K., Choudhary, R., & Thompson-Witrick, K. A. (2019). Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. Lwt, 108, 69-80.

19. del Socorro Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J. E., Delgado-Olivares, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J. A., . . . & Jaramillo-Bustos,

D. P. (2015). Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (Opuntia ficus indica) juice after thermoultrasound treatment. Ultrasonics Sonochemistry, 27, 277-286.

20. Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food chemistry, 97(4), 654-660.

21. DoleyresY. (2003). Production en contenue du ferment lactique probiotiques par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Québec. 167 p.

22. Dortu, C. et Thonart, P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques :

caractéristiques et intérêt pour la bioconservation des produits alimentaires. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 13: 143-154

F

23. **Fadda, A., & Mulas, M. (2010).** Chemical changes during myrtle (*Myrtus communis* L.*)* fruit development and ripening. Scientia Horticulturae, 125(3), 477-485.

24. **Falleh, H., et al. (2019).** "Health benefits of *Myrtus communis* L. leaves extracts: Antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory properties. " Industrial Crops and Products, 138, 111419.

25. **Farah, A., Afifi, A., Fechtal, M., Chhen, A., Satrani, B., Talbi, M., & Chaouch, A. (2006).** Fractional distillation effect on the chemical composition of Moroccan myrtle (*Myrtus communis* L.*)* essential oils. Flavour and fragrance Journal, 21(2), 351-354.

26. **Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M. (2018).** Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. Journal of functional foods, 48, 387-399.

27. Fredot E, (2005). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier, 14-379p

G

27. **G., Theophilou, I., Harizanis, P. C., & Stagos, D. (2008).** Chemical composition and antioxidant activity of leaves extract from *Myrtus communis* L. cultivated in Greece.

Journal of Medicinal Plants Research, 2(9), 179-183.

28. **Girardet, C., Bonnet, M. S., Jdir, R., Sadoud, M., Thirion, S., Tardivel, C., Troadec, J. D. (2011).** The food-contaminant deoxynivalenol modifies eating by targeting anorexigenic neurocircuitry. PloS one, 6(10), e26134.

29. **Girardet, J. P, :** Le lait-une source d'antioxydants d'origine alimentaire, université Henri Poincaré Nancy 1. (2011).

30. **Giusti MM., Lee, J., Durst, R. W., Wrolstad, R. E., & Collaborators: Eisele T Hach J Hofsommer H Koswig S Krueger DA Kupina; S Martin SK Martinsen BK**

Miller TC Paquette F Ryabkova A Skrede G Trenn U Wightman JD. (2005).

Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal of AOAC international, 88(5), 1269-1278.

31. Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Caractérisation et mesure des anthocyanines par spectroscopie UV-visible. Dans Current Protocols in Food Analytical Chemistry.

32. Govaerts, R., Sobral, M., Ashton, P., Barrie, F., Holst, B. K., Landrum, L. L., Lucas, E. (2008). *World checklist of Myrtaceae* (pp. xv+-455).

H

34. Hamlaoui, S., et al. (2023). "Impact of *Myrtus communis* L. extract on total polyphenols and antioxidant activity of yogurt during storage. " Food Chemistry, 390, 128707.

J

35. Jeantet R., Thomas, C., Michel, M., Pierre, S. Gerard, B. (2008). Les produits laitiers. 2éme Ed. TEC et DOC. Lavoisier-Paris : 184p.

36. Jiménez-Monreal, A. M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., & Mariscal, M. M. (2013). Influence of commercial dietary antioxidants on the in vitro development of yogurt bacteria. *Journal of Food Science*, *74*(3), M199-M204

37. Jiménez-Monreal, A. M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M., & Murcia, M. A. (2013). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*, 78(9), H1372-H1378.

K

39. Kanoun, K., Belyagoubi-Benhammou, N., Ghembaza, N., & Bekkara, F. A. (2014). Comparative studies on antioxidant activities of extracts from the leaf, stem and berry of *Myrtus communis* L. International Food Research Journal, 21(5), 1957.

40. Kaur, R., Kaur, G., Mishra, S. K., Panwar, H., Mishra, K. K., & Brar, G. S. (2017). Yogurt: A nature's wonder for mankind. International Journal of Fermented Foods, 6(1), 57-69.

41. **Keddar. F, Koubich. S, (2009).** Etude de l'effet antagoniste entre les deux bactéries du yaourt (Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus) et les germes pathogènes (Escherichia coli et Staphylococcus aureus).

42. **Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017).** Anthocyanidines et anthocyanines : pigments colorés en tant qu'ingrédients alimentaires, pharmaceutiques et les avantages potentiels pour la santé. Food & Nutrition Research, 61(1), 1361779.

43. **Klein JD, Cohen S, Hebbe Y (2000)** Seasonal variation in rooting abilityof myrtle (*Myrtus communis* L.*)* cuttings. Sci Hortic 83: 71-76.

44. **Komić, M., Sredojević, M., Milovanović, I., & Jovanović, J. (2023).** "Influence of prebiotic ingredients on physicochemical properties and sensory characteristics of synbiotic yogurt. " Food Chemistry, 376, 131975.

L

48. **Leslie Dowe, J., & Hilje Quirós, L. (2023).** Hermann Wendland's Botanical Explorations in Central America (1856-1857): II. In the Sarapiquí region, Costa Rica. Comunicación, 32(1), 76-111.

49. **Liyanapathirana, C. M. (2005).** Phenolic and polyphenolic compounds of wheat (Triticum spp.*)*: extraction and antioxidative properties (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).

M

50. **Mahaut, Schuck, P., M., Jeantet, R., & Brulé, G. (2000).** Les produits industriels laitiers.

51. **Mahmoud IN, El-Sayed AA, Rania FA, Ezzel-Din A, El-Khrisy Khaled MI(2010)** Secondary metabolites and bioactivities of *Myrtus communis.* Pharmacognosy Res 2: 325-329

52. **Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004)**. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *79*(5), 727-747.

53. Manach, Claudine, et al. "Polyphenols: food sources and bioavailability. " The American Journal of Clinical Nutrition 79. 5 (2004)

54. Martin- Lopez, T; Rubio, B; Villaescusa, L; Fernandez, L; Diaz A. M., (1999). polyphenolic componds from pericarps of Myrtus cummunis, Pharmaceutical Biology, 37, 28-31.

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

56. Messaoud, C., Laabidi, A., & Boussaid, M. (2012). *Myrtus communis* L. infusions: the effect of infusion time on phytochemical composition, antioxidant, and antimicrobial activities. Journal of food science, 77(9), C941-C947.

57. Mimica-Dukić, N., Bugarin, D., Grbović, S., Mitić-Ćulafić, D., Vuković-Gačić, B., Orčić, D., Couladis, M. (2010). Essential oil of *Myrtus communis* L. as a potential antioxidant and antimutagenic agents. Molecules, 15(4), 2759-2770.

58. Mokni, M., et al. (2022). "Impact of *Myrtus communis* L. extract on yogurt properties during storage. " Journal of Food Science, 87(5), 1806-1813.

59. Mokni, M., Ghassen, H., Haddar, H., Ayadi, F., & Ayadi, H. (2023). "Antioxidant activity and stability of *Myrtus communis* L. extract in yogurt during storage. " Food Chemistry, 382, 132334.

60. Mokni, M., Haddar, H., Souid, S., & Ayadi, H. (2022). "Evaluation of the effect of *Myrtus communis* L. extract on the physicochemical properties and antioxidant activity of yogurt during storage. " Food Chemistry, 373, 131480.

61. Mokni, M., Haddar, H., Souid, S., & Ayadi, H. (2022). "Evaluation of the effect of *Myrtus communis* L. extract on the physicochemical properties and antioxidant activity of yogurt during storage. " Food Chemistry, 373, 131480.

N

62. Nagai, T., Makino, S., Ikegami, S., Itoh, H., & Yamada, H. (2011). Effects of oral administration of yogurt fermented with Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus OLL1073R-1 and its exopolysaccharides against influenza virus infection in mice. International immunopharmacology, 11(12), 2246-2250.

63. Nakasaki, K., Yanagisawa, M., & Kobayashi, K. (2008). Microbiological quality of fermented milk produced by repeated-batch culture. Journal of bioscience and bioengineering, 105(1), 73-76.

P

6. Panagiotis H. Tsarouhas & Ioannis S. Arvanitoyannis (2014) Yogurt production line: reliability analysis, Production & Manufacturing Research, 2:1, 11-23

65. Pointurier H, . 2003. La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France, 64 :388.

66. Pojer, E., Mattivi, F., Johnson, D., & Stockley, C. S. (2013). Le cas de la consommation d'anthocyanines pour promouvoir la santé humaine : une revue. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(5), 483-508.

67. Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Analytical biochemistry, 269(2), 337-341.

68. Purwandari, U., Shah, N. P., & Vasiljevic, T. (2007). Effects of exopolysaccharide-producing strains of Streptococcus thermophilus on technological and rheological properties of set-type yoghurt. International Dairy Journal, 17(11), 1344-1352.

Q

71. Quezel, P ; et Santa, S., (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des regions désertiques méridionale. Tome II Edition. CNRS. Paris. P 636- 637.

72. Quézel, P. (1978). Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. Annals of the Missouri Botanical Garden, 479-534.

R

73. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free radical biology and medicine, 26(9-10), 1231-1237.

74. 74

75. **Rodríguez-Roque, M. J., Rojas-Graü, M. A., Elez-Martínez, P., & MartínBelloso, O. (2019).** "Impact of high-intensity pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: An overview. " Food Engineering Reviews, 11(2), 74-89.

76. **Romani, A., Mulinacci, N., Pinelli, P., Vincieri, F. F., & Cimato, A. (1999).** Polyphenolic content in five tuscany cultivars of Olea europaea L. Journal of agricultural and food chemistry, 47(3), 964-967.

77. **Rousseau, N. (2005).** Probiotiques: les bactéries sont-elles réellement nos amies?. Health and food.

78. **Roussel, E., Féron, G., & Guéguen, M. (1994).** Influence of culture conditions on the relationship between Streptococcus thermophilus and Lactobacillus bulgaricus. *Le Lait,* 74(3), 227-238.

S

Galanakis (Ed.*), Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 207-236). Academic Press.

81. Salama, Z. A., Mohamed, G. F., Kassem, A. S., Abdel-Hameed, E. S., El-Sayed, M. H., & Youssef, A. M. (2023).

82. 82

83. **Savini, G., Bellusci, C., Carbonelli, M., Zanini, M., Carelli, V., Sadun, A. A., & Barboni, P. (2006).** Detection and quantification of retinal nerve fiber layer thickness in optic disc edema using stratus OCT. Archives of Ophthalmology, 124(8), 1111-1117.

84. Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *45*(4), 287-306.

85. Scalbert, Augustin, et al. "Dietary polyphenols and the prevention of diseases. " Critical Reviews in Food Science and Nutrition 45. 4 (2005): 287-306.

86. **scientifique de Syndifrais, M. (1997).** Yaourts, laits fermentés. Le Lait, 77(3), 321358.

87. **Serra, M., Trujillo, A. J., Guamis, B., & Ferragut, V. (2009).** Flavour profiles and survival of starter cultures of yoghurt produced from high-pressure homogenized milk. International Dairy Journal, 19(2), 100-106.

88. **Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158.

89. **Sodini, I. Beal, C. (2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. Techniques de L'ingénieur (F 6315). Paris- France : Pp16.

90. **Sumbul, S., Ahmad, M. A., Asif, M., & Akhtar, M. (2011).** *Myrtus communis* Linn. -A review.

91. **Syndifrais, M. s. d., (1997) :** Yaourts, laits fermentés. Lait, 77, 321-358.

92. **Szewczyk, K. (2021).** "The impact of polyphenols on human health and disease. " In A. Farid & J. H. Kim (Eds.*)*, Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications (pp. 123144). Elsevier.

T

94. **Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007).** Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology. Elsevier.

95. tural colorants. J. Agroaliment. Processes Technol, 27(2).

96. **Twaij HA, Ali HM, Al-Zohyri AM (1988)** Phytochemical andantimicrobial studies of *Myrtus communis.* J Biol Sci Res 19: 29-39.

V

97. Vahedi, N., Tehrani, M. M., & Shahidi, F. (2008). Optimizing of fruit yoghurt formulation and evaluating its quality during storage. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science, 3(6), 922-927.

W

98. **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.

99. **Wannes, W. A., Mhamdi, B., Sriti, J., & Marzouk, B. (2010).** Changes in essential oil composition of Tunisian *Myrtus communis* var. italica L. during its vegetative cycle. Journal of Essential Oil Research, 22(1), 13-18.

100. Weerathilake, W. A. D. V., Rasika, D. M. D., Ruwanmali, J. K. U., & Munasinghe, M. A. D. D. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. International Journal of Scientific and Research Publications, 4(4), 1-10.

Y

101. Ydjedd, S., Chaalal, M., Bahri, S., Mokadem, S., & Radji, H. (2021). Antioxidant and α-amylase inhibition activities of prickly pears (Opuntia ficus indica L.*)* betalains extracts and application in yoghurt as na Chryssavgi,

Z

102. Zhao, D., Shah, N. P., & Jin, Z. (2019). Antioxidant activities of selected plant foods in vitro: A review. *Foods, 8*(8), 308.

Site internet

(Anonyme 1; 2024):https://www. gbif. org/resource/search

(Anonyme 2; **2024):** https://corsicabeauty. com

Annexes

Annexe 1 : Courbes d'étalonnages

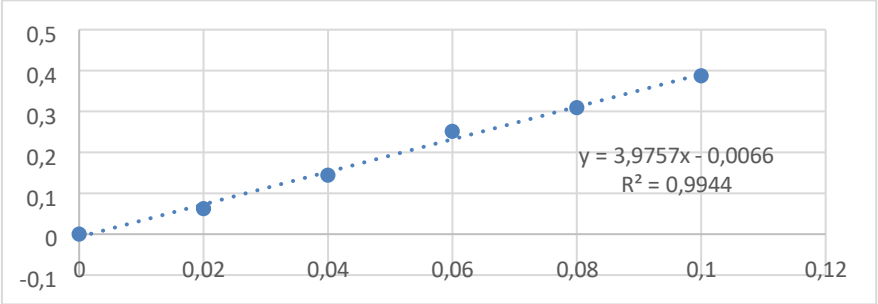


Figure 1. Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux (exprimés en mg EAG/100g de poudre)

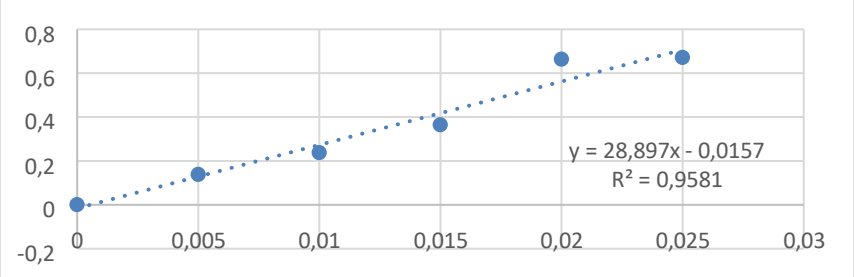


Figure 2. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes (exprimés en mg EQuercitine/100g de poudre)

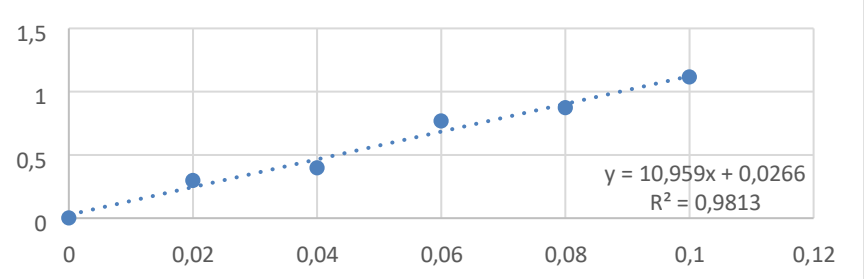


Figure 3. Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur (standard : acide ascorbique)

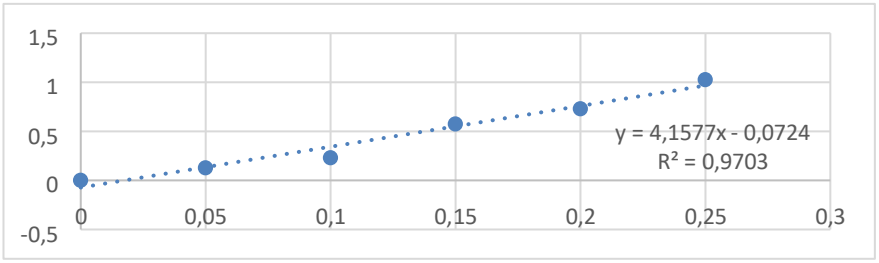


Figure 4. Courbe d'étalonnage du test de phosphomolybdate (standard : acide ascorbique)

Résume

L'utilisation de pigments naturels comme colorants dans les produits alimentaires reçoit une attention croissante car ils sont attrayants pour les consommateurs et ont des avantages pour la santé

Le myrte *(Myrtus communis* L.*),* appartenant à la famille des myrtacées, est l'une des plantes médicinales et aromatiques naturell ement cultivées dans la flore méditerranéenne rapporté pour ses effets antiseptiques, astringents, antioxydants et antidiabétiques. Les objectifs de cette étude étaient d'extraire des colorants naturels violets obtenus à partir de baies de myrte, et leur u tilisation comme alternative aux colorants synthétiques dans les yaourts. L'extrait aqueux de péricarpe de myrte séché a été utilisé comme source d'anthocyanine et d'autres composants fonctionnels tels que les polyphénols et les flavonoïdes pour fortifier le yaourt. Les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de la poudre de myrte et des yaourts formulés (teneur en polyphénoles, flavonoides , anthocyanines) ont été évaluées et l'activité antioxydante des yaourts a été mesurée par plusieurs méthodes. L a poudre de myrte a révélé sa richesse en antioxidants et l'extrait d'anthocyanine a amélioré la couleur, l'apparence et l'activité antioxydante globale des yaourts fortifiés. Les résultats globaux suggèrent qu'il est possible de produire du yaourt de haut e qualité enrichi en ajoutant des extraits aqueux naturels de myrte comme alternative aux colorants artificiels violets.

Mots clés : *Myrtus communis* L., Yaourt, caractérisation physicochimique, activité antioxydante , Colorant naturel.

Abstract

The use of natural pigments as dyes in food products is receiving increasing attention as they are attractive to consumers and have health benefits. Myrtle *(Myrtus communis* L.*),* belonging to the myrtaceae family, is one of the medicinal and aromatic plants naturally cultivated in the Mediterranean flora reported for its antiseptic, astringent, antioxidant and antidiabetic effects. The objectives of this study were to extract natural purple dyes obtained from myrtle berries, and their use as an alternative to synthetic dyes in yogurt. Dried myrtle pericarp aqueous extract has been used as a source of anthocyanin and other functional components such as polyphenols and flavonoids to fortify yogurt. The physicochemical and functional properties of myrtle powder and formulated yoghurt (polyphenol content, flavonoids, anthocyanins) were evaluated and the antioxidant activity of yoghurt was measured by several methods. Myrtle powder revealed its richness in antioxidants and anthocyanin extract improved and the anthocyanin extract has improved the color, appearance and overall antioxidant activity of fortified yogurt. The overall results suggest that it is possible to produce high-quality enriched yogurt by adding natural aqueous extracts of myrtle as an alternative to artificial purple dyes.

Keywords: *Myrtus communis L,* Yoghurt, physicochemical characterization, antioxidant activity, Natural colorant.