

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie  
Département de Génie des procédés

## Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés  
Spécialité : Génie Alimentaire

Présenté par

M<sup>elle</sup> BEKOUCHE Fatiha & M<sup>elle</sup> LAGGAB Thellili

*Thème*

**Essai d'élaboration d'un yaourt étuvé enrichi d'arbouse  
(*Arbutus unedo* L.)**

Soutenu le 03/07/2023

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
M <sup>me</sup> OUCHEMOUKH Nadia	Pr	Université de Bejaia	Présidente
M <sup>me</sup> BEY Zakia	MAA	Université de Bejaia	Examinatrice
M <sup>me</sup> ARKOUB Lynda	MCA	Université de Bejaia	Encadreur

Année Universitaire : 2022/2023

# *Remerciements*

*En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour accomplir ce modeste travail.*

*Nous adressons nos profondes reconnaissances et nos chaleureux remerciements à notre promotrice Mme ARKOUB Lynda, pour son encouragement, pour l'aide précieux qu'elle nous a donné, pour ses remarques et ses conseils et pour nous avoir accompagnés tout au long de notre travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury, la président Mme OUCHEMOUKH N., et l'examinatrice Mme BEY Z. d'avoir accepté d'examiner ce travail et sans oublier les enseignants de notre faculté qui nous ont enseigné durant tout le cursus universitaire.*

*Enfin, nos remerciements s'adressent à tous ce qui ont contribué de pré ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Merci à tous*

# *Dédicaces*

*Je souhaite commencer par exprimer ma gratitude envers Dieu qui m'a donné la force et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.*

*Je tiens à dédier ce travail à ma chère mère, qui a toujours été présente à mes côtés. Elle m'a écouté, soutenu, veillé sur moi et m'a encouragé. Je ne pourrai jamais la remercier suffisamment, car elle est ma principale source de force.*

*À mon cher père, homme précieux que Dieu m'a offert, je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect. Son soutien inébranlable et son dévouement envers ma réussite ont été essentiels.*

*À mes adorables sœurs, Rebiha, Dalila et mon cher frère da ALI*

*À mon Zakaria, qui m'a guidé tout au long de ce projet avec son amour incessant, son aide, ses conseils et son dévouement envers ma réussite, je te suis infiniment reconnaissant(e).*

*À ma très chère amie, Naila, qui est comme une sœur pour moi,*

*A Toutes ma famille*

*Et enfin, à tous les malades du cancer, je prie pour que Dieu les guérissent et leur accorde la force de surmonter cette épreuve. Vous êtes dans mes pensées et mes prières.*

**FATIHA**

# *Dédicaces*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père « AHMED ».*

*A maman « REBIHA » pour son amour, et qu'elle m'a toujours accordé en témoignage de ma reconnaissance envers sa confiance, ses sacrifices et sa tendresse.*

*A mon soutien moral et source de joie et de bonheur, mon fiancée pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé.*

*A mes sœurs, et mes nièces et ma chère belle sœur pour l'amour qu'elles me réservent.*

*Je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.*

*A mes chers frères MASSINISSA, SAMIR et KHALEF.*

*A mes amis et mes coupines « Sarah, Zahia, Mélissa et Alice » au nom de l'amitié qui nous réunit et au nom de nos souvenirs inoubliables.*

*A tous ceux qui me sont chers, a ma promotion Génie alimentaire (2022-2023).*

**THELLILI**

## *Liste des abréviations*

**AFNOR:** Association Française de Normalisation

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

**DPPH:** 2,2-Diphényl-1picryldrazyl

**FAO:** Food Agriculture Organization

**FIL :** Fédération Internationale Laitière

**MS:** Matière Sèche

**YE :** Yaourt Enrichi

**YT :** Yaourt Témoin

## Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Arbousier ( <i>Arbutus unedo</i> L.)	03
2	Fruit d'arboise ( <i>Arbutus Unedo</i> L.)	04
3	Répartition mondiale d' <i>Arbutus unedo</i> L.	04
4	Principaux composés phénoliques dans l' <i>Arbutus unedo</i> L.	07
5	Structures de quelques composés phénoliques présents dans le fruit d' <i>Arbutus unedo</i> L.	07
6	Processus de fabrication des yaourts (étuvé et brassé)	14
7	Diagramme de fabrication du yaourt ferme (A) et brassé (B)	17
8	Photographie des étapes de préparation de la poudre de l'arboise	21
9	Diagramme de fabrication des yaourts élaborés	36
10	Photographie d'évaluation sensorielle	39
11	Teneurs en tanins totaux et tanins condensés du fruit d'arboise ( <i>Arbutus unedo</i> L.)	50
12	Taux de synérèses des yaourts élaborés	57
13	Préférences globale des yaourts élaborés	59
14	Préférence globale pour chaque échantillon du yaourt	59
15	Caractérisation sensorielle des yaourts élaborés	60
16	Paramètres motivant la préférence	61

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Composition chimique d'arbose	06
<b>II</b>	Causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt	16
<b>III</b>	Composition nutritionnelle des différentes catégories de yaourts et laits fermentés	18
<b>IV</b>	Principaux défauts de goût rencontrés dans la fabrication du yaourt	20
<b>V</b>	Micro-organismes recherchés dans les yaourts élaborés	38
<b>VI</b>	Paramètres physico-chimiques du fruit d'arbose ( <i>Arbutus unedo</i> L.)	40
<b>VII</b>	Screening phytochimique de poudre du fruit d'arbose ( <i>Arbutus unedo</i> L.).	44
<b>VIII</b>	Propriétés fonctionnelles de la poudre d'arbose ( <i>Arbutus unedo</i> L.).	45
<b>IX</b>	Teneurs en polyphénols, flavonoïdes et flavonols du fruit d'arbose ( <i>Arbutus unedo</i> L.)	49
<b>X</b>	Teneurs en Caroténoïdes et lycopène du fruit d'arbose ( <i>Arbutus unedo</i> L.).	53
<b>XI</b>	Activités antioxydantes des extraits du fruit d'arbose ( <i>Arbutus unedo</i> L.)	54
<b>XII</b>	Composition physico-chimique du lait utilisé	55
<b>XIII</b>	Paramètres physico-chimiques des yaourts élaborés.	56
<b>XIV</b>	Résultats d'analyses microbiologiques des yaourts élaborés	58

## Table des matières

*Remerciements*

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction ..... 1

### *Synthèse Bibliographique*

#### *I. Généralités sur l'arbousier*

I.1. Description d'arbousier ..... 3

I.2. Description botanique ..... 3

I.3. Distribution géographique ..... 4

I.4. Noms vernaculaires ..... 5

I.5. Classification botanique ..... 5

I.6. Composition nutritionnelle ..... 5

I.7. Antioxydants des fruits d'arboise ..... 6

I.8. Propriétés d'*Arbutus unedo* L. .... 8

    I.8.1. Propriétés antioxydantes ..... 8

    I.8.2. Activité antimicrobienne ..... 8

    I.8.3. Autres propriétés ..... 9

I.9. Utilisations et bienfaits d'arboise ..... 9

    I.9.1. Utilisations Alimentaires ..... 9

    I.9.2. Utilisations en technologie alimentaire ..... 10

    I.9.3. Utilisations en médecine ..... 10

#### *II. Généralités sur le yaourt*

II.1. Historique ..... 12

II.2. Définition ..... 12

II.3. Différents types du yaourt ..... 12

II.4. Fabrication du yaourt ..... 13

    II.4.1. Récupération et préparation du lait ..... 14

    II.4.2. Standardisation du mélange ..... 15

    II.4.3. Homogénéisation ..... 15

    II.4.4. Traitement thermique ..... 15

    II.4.5. Fermentation lactique ..... 16



II.4.6. Conditionnement et stockage .....	17
II.5. Valeurs nutritionnelles .....	18
II.6. Effets thérapeutiques.....	18
II.6.1. Digestion du lactose .....	18
II.6.2. Effet probiotique .....	19
II.6.3. Effet hypocholestérolémiant .....	19
II.6.4. Activité antimicrobienne.....	19
II.6.5. Stimulation du système immunitaire.....	19
II.7. Qualité du yaourt.....	19
II.7.1. Aspects physico-chimiques .....	19
II.7.2. Aspects hygiéniques.....	20
II.7.3. Défauts de fabrication du yaourt .....	20

*Partie expérimentale*

*III. Matériel et méthodes*

III.1. Préparation des échantillons .....	21
III.2. Détermination des paramètres physico-chimiques de la poudre d'arbouse .....	22
III.2.1. pH .....	22
III.2.2. Acidité titrable .....	22
III.2.3. Degré Brix .....	22
III.2.4. Teneur en eau et matière sèche .....	23
III.2.5. Teneur en cendres et matières organiques .....	23
III.2.6. Teneur en sucres .....	24
III.2.6.1. Dosage des sucres réducteurs .....	24
III.2.6.2. Dosage des sucres totaux .....	25
III.2.6.3. Dosage des sucres non-réducteurs .....	25
III.3. Screening phytochimique de la poudre d'arbouse.....	25
III.4. Détermination des propriétés fonctionnelles de la poudre d'arbouse .....	26
III.4.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE).....	26
III.4.2. Capacité d'absorption d'huile (CAH), de lait entier (CALE) et de lait partiellement écrémé (CALPE) .....	27
III.4.3. Détermination du rapport hydrophile-lipophile (RHL) .....	27
III.4.4. Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE) .....	27
III.4.5. Solubilité (So).....	28
III.4.6. Masse volumique (MV).....	28

III.4.7. Hygroscopicité .....	29
III.4.8. Capacité de gonflement (CG) .....	29
III.4.9. Activité moussante (AM) et stabilité moussante (SM).....	29
III.4.10. Concentration minimale de gélification (CMG).....	30
III.4.11. Dispersibilité.....	30
III.5. Extraction et dosage des antioxydants.....	30
III.5.1. Préparation de l'extrait .....	30
III.5.2. Dosage des antioxydants.....	30
III.5.2.1. Dosage des composés phénoliques .....	30
III.5.2.2. Dosage des flavonoïdes .....	31
III.5.2.3. Dosage des flavonols.....	31
III.5.2.4. Dosage des tanins Totaux.....	31
III.5.2.5. Dosage des tanins condensés (proanthocyanidine) .....	32
III.5.3. Extraction et dosage de la vitamine C .....	32
III.5.4. Extraction et dosage des caroténoïdes .....	33
III.5.4.1. Dosage des caroténoïdes totaux .....	33
III.5.4.2. Dosage du lycopène .....	33
III.6. Evaluation du pouvoir antioxydant.....	33
III.6.1. Inhibition du radical DPPH° .....	33
III.6.2. Activité antioxydante totale .....	34
III.6.3. pouvoir réducteur.....	34
III.7. Analyses physico-chimiques du lait .....	35
III.7.1. Détermination du pH .....	35
III.7.2. Détermination de l'acidité .....	35
III.7.3. Détermination de l'extrait sec total (EST).....	35
III.8. Préparation du yaourt.....	36
III.8.1. Etapes de préparation.....	36
III.8.2. Détermination des critères de qualité du produit fini .....	36
III.8.2.1. Analyses physico-chimiques du yaourt.....	37
III.8.2.1.1. Détermination du pH.....	37
III.8.2.1.2. Détermination d'acidité titrable .....	37
III.8.2.1.3. Détermination d'extrait sec total (EST) .....	37
III.8.2.1.4. Mesure de la synérèse .....	37

III.8.2.2. Analyses microbiologiques .....	38
III.8.2.3. Analyses sensorielles.....	38
III.8.3. Expression des résultats .....	39
<i>IV. Résultats et discussion</i>	
IV.1. Paramètres physico-chimiques de la poudre d`arbose .....	40
IV.1.1. pH .....	40
IV.1.2. Acidité .....	40
IV.1.3. Détermination de la teneur en eau .....	41
IV.1.4. Cendres .....	41
IV.1.5. Taux de matière sèche .....	42
IV.1.6. Brix .....	42
IV.1.7. Sucres totaux .....	43
IV.1.8. Sucres réducteurs.....	44
IV.2. Screening phytochimique .....	44
IV.3 Propriétés fonctionnelles de poudre d`arbose .....	45
IV.3.1. Solubilité et hygroscopicité .....	45
IV.3.2. Dispersibilité.....	46
IV.3.3. Capacité d`absorption en eau (CAE).....	46
IV.3.4. Capacité d`absorption d`huile (CAH) .....	46
IV.3.5. Capacité d`absorption du lait entier(CALE) et partiellement écrémé (CALPE).....	47
IV.3.6. Rapport hydrophile-lipophile (RHL).....	47
IV.3.7. Activité moussante (AM) et stabilité moussante (SM) .....	47
IV.3.8. Activité émulsifiante (AE) et stabilité de l`émulsion (SE).....	48
IV.3.9. Capacité de gonflement (CG).....	48
IV.3.10. Capacité de gélification (CGe) .....	49
IV.4. Antioxydants .....	49
IV.4.1. Polyphénols .....	49
IV.4.2 Flavonoïdes.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.3. Flavonols .....	51
IV.4.4. Tanins totaux et Tanins condensés .....	51
IV.4.5 Vitamine C.....	52
IV.4.6. Caroténoïdes totaux .....	53
IV.4.7. Lycopène .....	53

IV.5. Activité antioxydante .....	54
IV.5.1. Activité antiradicalaire DPPH .....	54
IV.5.2. Activité antioxydante totale.....	54
IV.5.3. Pouvoir réducteur .....	55
IV.6. Paramètres de qualité du lait et du produit fini .....	55
IV.6.1. Lait.....	55
IV.6.2. Produits finis (Yaourt).....	56
IV.6.2.1. Analyses physico-chimiques.....	56
IV.6.2.1.1. pH.....	56
IV.6.2.1.2. Acidité.....	56
IV.6.2.1.3. Extrait sec total (EST) .....	57
IV.6.2.1.4 Synérèse .....	57
IV.6.3. Qualité microbiologique .....	58
IV.6.4. Evaluation sensorielle de la qualité du yaourt.....	58
IV.6.3.1. Préférence globale.....	59
IV.6.3.2. Caractéristiques du produit .....	60
IV.6.3.3. Paramètres motivant la préférence .....	60
Conclusion.....	62
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

# *Introduction*

## **Introduction**

Les plantes comestibles sauvages ou semi sauvages ont été importantes pour la plupart des cultures humaines et en particulier dans la région méditerranéennes, apportant une contribution importante à la santé des communautés locales, il contiennent souvent la des quantités importantes de nutriments et des composés bioactifs (Ruiz-Rodríguez *et al.*, 2011). En effet, la FAO et l'OMS considère que la consommation des fruits de montagne comme un enjeu de santé publique vue l'intérêt qu'ils apportent du côté nutritionnel, économique et médicale (Teofrasto, 1988).

L'arbousier (*Arbutus unedo* L.) encore appelé l'arbre aux fraises est l'un des plantes sauvages qui se développent dans les régions méditerranéennes, dont le fruit est riche en éléments nutritifs, il est utilisé en alimentation humaine et comme agent thérapeutique en médecine. Plusieurs vertus thérapeutiques sont attribués à ce fruit, ce qui explique son utilisation ancienne dans la médecine traditionnelle et populaire (Mariotto, Esposito *et al.* 2008) qui date depuis l'époque grecque (Teofrasto, 1988). Ces dernières années son utilisation a un intérêt croissant auprès des scientifiques (Celikel *et al.*, 2008). Grâce à ces nombreux intérêts, les ethnobotanistes, les chimistes, les nutritionnistes et les anthropologues s'y intéressent de plus en plus (Rejeb *et al.*, 2021); plusieurs chercheurs ont affirmé que ce fruit est une source d'eau, de protéines, de fibres alimentaires et la qualité des sucres fournies par le fruit rouge mûr est une source modérée d'énergie rapidement disponible (Bouhanna *et al.*, 2021). En outre, ce fruit est particulièrement riche en vitamine C et en composés bioactifs (Ruiz-Rodríguez *et al.*, 2011) ayant des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires et antitumorales (Erkekoglou *et al.*, 2017).

L'Algérie grâce à sa position géographique bénéficie d'une diversité florale importante, parmi ces plantes nous trouvons l'arbousier "*Arbutus unedo*" de la famille des *Ericacées* (Rezzoug *et al.*, 2019); malgré cela son utilisation dépend des habitudes traditionnelles et sa consommation saisonnière est faible. Actuellement, l'évolution industrielle de la production agroalimentaire, incite la préparation de nouveaux produits, ce qui encourage l'exploitation de ce type de fruits abandonnés comme l'arbousier, pour l'élaboration d'une variété de produits de bonne saveur avec de grandes valeurs énergétiques et diététiques tels que les confitures, les jus et les yaourts à base de ce fruit et dans ce cadre s'inscrit notre étude.

L'objectif principal de notre travail est d'élaborer un yaourt incorporé des morceaux de fruit d'arbose, avec trois aspects principaux: en premier lieu, valoriser ce fruit et mettre en avant ses qualités alimentaires. En second lieu, le yaourt est choisi car il est l'un des produits laitiers fermentés les plus consommés dans le monde et joue un rôle important dans une alimentation saine et équilibrée en raison de sa valeur nutritionnelle élevée, notamment sa teneur en calcium, protéines, vitamines, minéraux et oligoéléments. Enfin, le yaourt procure du plaisir aux consommateurs.

Le présent travail comprend une partie bibliographique dans la quelle est donnée quelques généralités sur l'arbousier et sur le yaourt. Ensuite, une partie expérimentale qui consiste à l'évaluation des propriétés physico-chimiques, fonctionnelles et antioxydantes de la poudre d'arbose. De plus, les qualités physico-chimiques et microbiologiques des yaourts élaborés (yaourt enrichi « YE » et yaourt témoin « YT ») ont été évaluées. Enfin, une évaluation sensorielle a été réalisée afin de déterminer les caractéristiques sensorielles et les taux de préférences des yaourts élaborés par les dégustateurs puis on terminera par conclusion et perspectives.

*Synthèse*  
*Bibliographique*



# *I. Généralités sur l'arbousier*



## I. Généralités sur l'arbousier

### I.1. Description d'arbousier

L'arbousier constitue le genre *Arbutus* de la famille des *Ericacées* couvrent environ 80 genres et plus de 2000 espèces. Il est très répandu en raison de sa tolérance à la sécheresse et sa capacité à se régénérer et recoloniser les forêts incendiées (Belibel *et al.*, 2017). L'arbousier Méditerranéen a pour nom scientifique *Arbutus unedo* L. (Newman *et al.*, 2012), *Arbutus* est un nom qui dérive du celt Arbois: bois austère. Le nom latin "*unedo*" est réutilisé par Carl Linnaeus 1753, puis décrit par Pline comme étant une dérive de "*unum edo*" je mange un seul fruit (Abbas, 2015). L'arbousier est un arbre qui résiste à des températures jusqu'à -15°C et il s'adapte à une très large gamme de sols et d'exposition; il pousse en plein soleil et il supporte le calcaire (Figure 1) (Boullard, 2001). En outre, l'arbousier préfère les substrats siliceux, décarbonatés et les sols alcalins relativement acides (Polese *et al.*, 2010), ses valeurs nutritionnelles et médicales sont reconnues depuis l'époque grecque (Ruiz-Rodríguez *et al.*, 2011).



**Figure 1:** Arbousier (*Arbutus unedo* L.)

(Nicole *et al.*, 2013; Doukani *et al.*, 2015)

### I.2. Description botanique

L'arbose est un fruit sphérique de 2 cm de diamètre, qui passe du jaune à l'orange-rouge à maturité (Figure 2). Il faut attendre un an après la floraison pour qu'il arrive à maturité, étant donné que les baies à cinq loges sont cueillies à ce moment-là. La peau de ce fruit charnu est rugueuse et recouverte de petits tubercules coniques de forme pyramidale. Ce fruit est comestible et peut être consommé cru, cuit en confiture ou fermenté pour produire une boisson alcoolisée. Les cinq loges à l'intérieur du fruit contiennent des pépins riches en lipides, de couleur jaunâtre et au nombre de quatre ou cinq. En hiver, le fruit d'arbose atteint sa maturité (Takrouni *et al.*, 2010; Nicole *et al.*, 2013)



**Figure 2:** Fruit d'arbouse (*Arbutus Unedo* L.)  
(a): Fleur, (b): Fruit immature, (c): Fruit mature  
(Takrouni *et al.*, 2010; Nicole *et al.*, 2013).

### I.3. Distribution géographique

L'*Arbutus unedo* L., couramment appelé "arbre aux fraises", est largement répandu dans différentes régions du monde. Il se trouve principalement dans l'ouest, le centre et le sud de l'Europe, ainsi qu'au nord-est de l'Afrique, aux îles Canaries et en Asie occidentale (Figure 3). Sa distribution est principalement observée dans les zones côtières et intérieures bénéficiant d'un climat doux et d'une période estivale marquée par la sécheresse. En particulier, il est fréquent dans les pays méditerranéens tels que le Portugal, l'Espagne, la France, l'Italie, l'Albanie, la Croatie, la Bosnie, le Monténégro, la Grèce, la Turquie et les îles méditerranéennes (Torres *et al.*, 2002).



**Figure 3:** Répartition mondiale d'*Arbutus unedo* L. (Oliveira, 2010).

L'arbousier se trouve généralement à une altitude d'environ 600 mètres au-dessus du niveau de la mer (Ayaz *et al.*, 2000). En Algérie, l'arbousier est bien représenté dans le tell Algérien (Guide to Medicinal Plants in North Africa), surtout dans les forêts de chêne liège (des régions de Jijel, Skikda et El Taraf). *Arbutus unedo* L. montre une préférence pour les sols siliceux, décarbonatés (Torres *et al.*, 2002; Godinho-Ferreira *et al.*, 2005) et les sols alcalins avec une acidité relativement élevée (Celikel *et al.*, 2008).

#### **I.4. Noms vernaculaires**

Le fruit d'arbose (*Arbutus unedo* L.) est appelé différemment :

**Bérbère** : Sisnou, Assisnou.

**Arabe** : Lendj اللنج.

**Français** : Arbre aux fraise, Arbousier.

**Anglais** : Strawberry tree, Apple of Cain.

**Espagnol** : Madrono

**Italien** : Corbezzolo.

**Allemand** : Erdbeerbaum

#### **I.5. Classification botanique**

Selon Mendes (2010), l'arbose (*Arbutus unedo* L.) est classé comme suit :

<b>Règne</b>	<b>Végétal</b>
<b>Embranchement</b>	<i>Spermaphyte</i>
<b>Sous-embranchement</b>	<i>Angiosperme</i>
<b>Classe</b>	<i>Dicotylédone</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Gamopétale</i>
<b>Ordre</b>	<i>Ericales</i>
<b>Famille</b>	<i>Ericaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Arbutus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Arbutus unedo</i>

#### **I.6. Composition nutritionnelle**

Plusieurs analyses ont été réalisées par plusieurs auteurs afin de déterminer la composition chimique spécifique du fruit de l'arbousier. Le Tableau I montre le fruit d'arbose (*Arbutus unedo* L.) présente une concentration élevée de glucides, de 42% à 52% (Ayaz *et al.*, 2000; Didi *et al.*, 2009) les plus prédominants sont le fructose (27,8 %), le glucose (21,5 %). En outre, le fruit d'arbose contient également une certaine quantité du saccharose (1,80 %) et du maltose (1,11%) (Couplen *et al.*, 2009).

**Tableau I:** Composition chimique d'arbouse.

Composé	Teneur (%)	Référence
Eau	68,2	(Rezzoug, Bakchiche <i>et al.</i> , 2019)
Glucides :	42 - 52	(Alarcão-E-Silva <i>et al.</i> , 2001)
Saccharose	1,8	(Ayaz <i>et al.</i> , 2000)
Glucose	21,5	
Fructose	27,8	
Maltose	1,11	
Protéines	6,8	(Boubaker <i>et al.</i> , 2004)
Lipides	2,9	(Fuentes 1994)
Minéraux (Ca <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> )	2,82	(Hacıseferoğullar <i>et al.</i> , 2007)
Fibres	36,7	(Boubaker <i>et al.</i> 2004)

Selon Doukani *et al.* (2015), le fruit de l'arbousier renferme 68,18% d'eau et 17,66% des Solides solubles, 19 % de fibres alimentaires et 0,082% de pectine. De plus, (Miguel *et al.*, 2014)

Aït Youssef (2006) et Miguel *et al.* (2014) ont rapporté que le fruit d'arbouse est une source abondante composés bioactifs tels que: les composées phénoliques: les acides phénoliques (17,025 mg GAE/g d'extrait); les flavonols (10,86 % mg/100 g), les flavan 3-ols (36,30 mg/100g),les dérivés de galloyl ( 24,63 mg/100 g), les anthocyanines (13,77 mg/100 g) et les tanins. En outre, il a été démontré également par ses auteurs que le fruit d'arbouse est une source de vitamines telles que la vitamine "E" avec une teneur de 55,7 mg/100 g et la vitamine "C" (acide ascorbique) avec un taux de 89 mg/100 g.

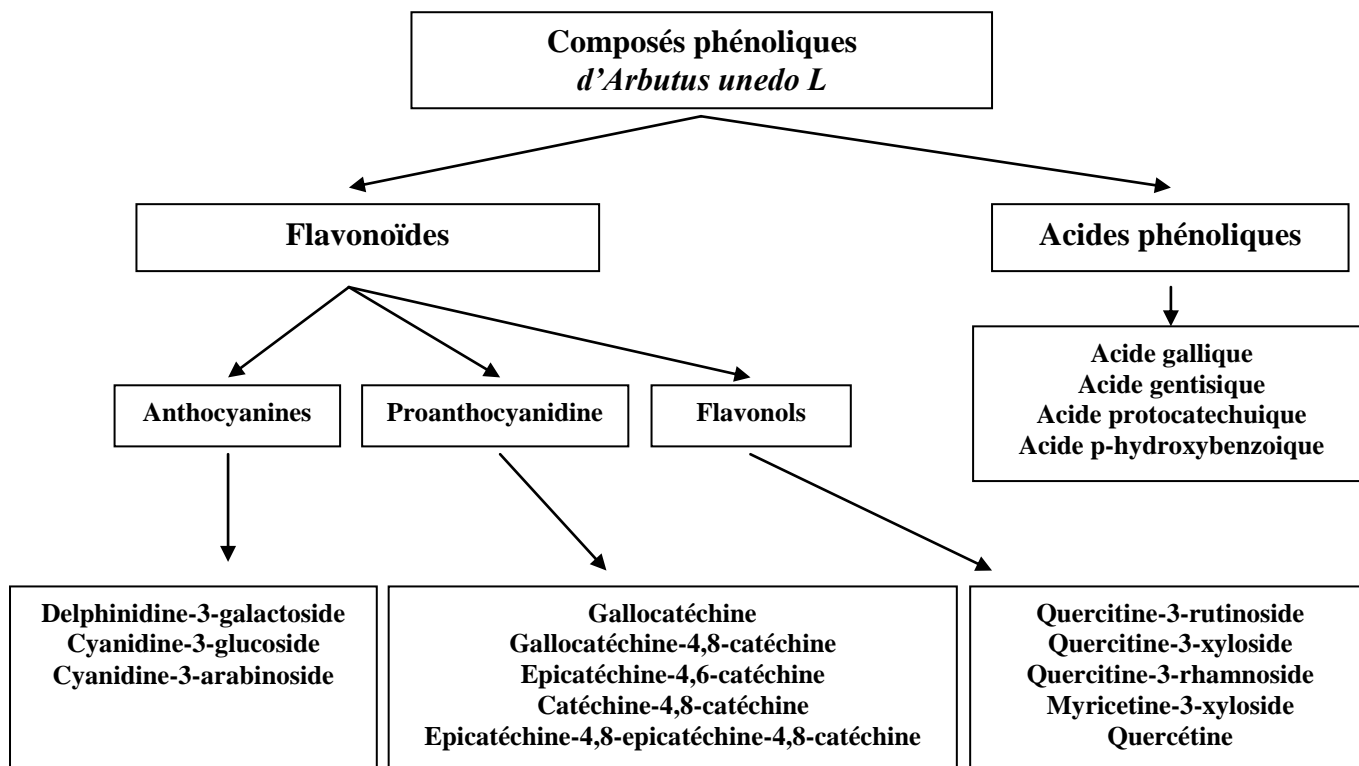
### **I.7. Antioxydants des fruits d'arbouse**

Les résultats des études sont variés et peuvent différer selon les auteurs et l'origine du fruit. Une présentation générale des principaux composés phénoliques du fruit de l'arbousier sont résumés dans la Figure 4. Les fruits d'*Arbutus* contiennent une diversité de composés phénoliques identifiés, tels que des acides phénoliques, des flavonols, des dérivés de flavan-3-ols et de galloyl, ainsi que des anthocyanines (Mendes *et al.*, 2011; Pimpão *et al.*, 2013; Gulcin, 2020).

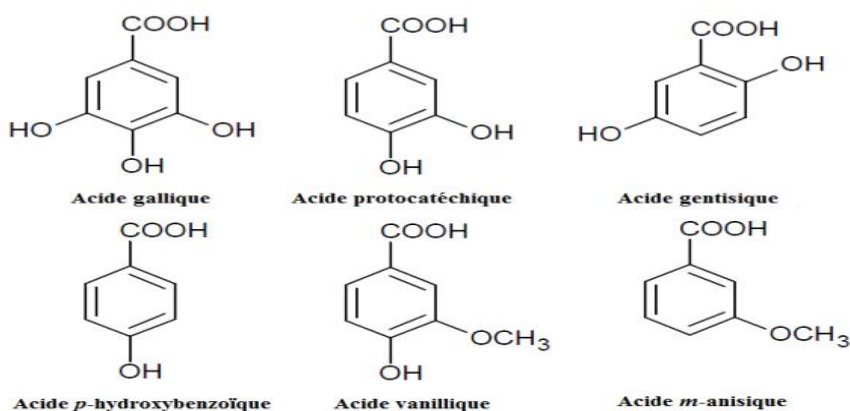
Une étude menée par Ayaz *et al.* (2000) a révélé que les fruits d'arbouse contiennent une concentration élevée d'acide gallique, suivi d'acide protocatechique, d'acide gentisique, d'acide p-hydroxybenzoïque, d'acide vanillique et d'acide m-anisique (Figure 5). De plus, des recherches supplémentaires ont démontré que parmi les composés

phénoliques présents, les dérivés de flavan-3-ols sont les plus prédominants, suivis des anthocyanines et des flavonols (Guimarães *et al.*, 2013).

Les tanins et d'autres composés phénoliques contribuent à l'amertume des fruits, tandis que la cyanidine est le pigment principal des anthocyanines responsables de la couleur rouge distinctive des fruits. D'autres flavonoïdes ont également été détectés, notamment la delphinidine-galactoside, la quercétine et le kaempférol. (Pallauf *et al.*, 2008).



**Figure 4 :** Principaux composés phénoliques dans l'*Arbutus unedo* L. (Gastal and Oliveira 2011).



**Figure 5 :** Structures de quelques composés phénoliques présents dans le fruit d'*Arbutus unedo* L. (Miguel *et al.*, 2014).

## **I.8. Propriétés d'*Arbutus unedo* L.**

### **I.8.1. Propriétés antioxydantes**

Des extraits de fruits d' *A. unedo* L. ont démontré une activité antioxydante intéressante *in vitro*. Cette activité est influencée par plusieurs facteurs tels que l'origine géographique, le processus d'extraction, la maturation des fruits et la transformation (Tenuta *et al.*, 2019). Pendant la période de maturation, le fruit mûr présente la plus haute activité antioxydante, mesurée par différentes méthodes telles que le piégeage du radical DPPH, le blanchiment du  $\beta$ -carotène, la réduction du fer et le piégeage de l'anion super-oxyde (Isbilir *et al.*, 2012; Gulcin, 2020). Cette capacité antioxydante ne dépend pas uniquement des teneurs en phénols et en flavonoïdes, mais également d'autres molécules présentes comme la vitamine C.

L'activité antioxydante du fruit d'arbose est également influencée par le processus de séchage. En effet, les fruits soumis à la lyophilisation ont montré des niveaux plus élevés de radical DPPH et de prévention de la peroxydation lipidique évaluée par le test de blanchiment au  $\beta$ -carotène par rapport à ceux soumis au séchage à l'air chaud (Orak *et al.*, 2012). Cela peut s'expliquer par le fait que la température élevée utilisée dans le séchage à l'air chaud peut entraîner la dégradation et/ou la perte de composés antioxydants tels que les phénols et l'acide ascorbique (Demirsoy *et al.*, 2007). L'un des composés phénoliques les plus importants présents dans *A. unedo* est l'acide homogentisique (acide 2,5-dihydroxyphénylacétique), qui a démontré des activités antioxydantes et anti-radicalaires intéressantes grâce à différents mécanismes d'action (Kanget *et al.*, 2005; Zucca *et al.*, 2013).

Pabuccuoglu *et al.* (2003) et Babaali *et al.* (2022) ont découvert une forte activité antioxydante dans les extraits des feuilles d'arbousier commun (*Arbutus unedo* L.). Ces auteurs ont permis de conclure que les glycosides flavonols et les tanins sont les principaux composés responsables de cette activité.

### **I.8.2. Activité antimicrobienne**

L'activité antimicrobienne du fruit d'*Arbutus unedo* a été peu étudiée dans la littérature. Une étude réalisée par Salem *et al.* (2018) utilisant la méthode des disques pour évaluer l'activité antimicrobienne d'extrait éthanolique du fruit. Ces auteurs ont observé une activité antimicrobiennes intense contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas aeruginosa*, une activité modérée contre *Salmonella delphinarium*,

*Escherichia coli*, *Enterococcus faecium* et *Candidat albicans*, et une faible activité contre la souche de *Streptococcus*.

De plus, les extraits hydro-alcooliques de ce fruit ont montré une forte activité antifongique contre l'*Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus flavus* et *Cladosporium cladosporioides*. Une corrélation positive a été trouvée entre la catéchine et la croissance des champignons (Takwa *et al.*, 2018). Par ailleurs, l'huile essentielle des fruits a démontré une activité antibactérienne modérée contre *Listeria monocytogenes* et *Enterococcus faecalis* (Kahrman *et al.*, 2010).

De même, Pabuçcuoğlu *et al.* (2003) et Gulcin (2020) ont rapporté de les extraits de feuilles d'*Arbutus unedo* L. ont montré des activités antimicrobiennes, principalement contre les bactéries Gram-positives. En outre, Orak *et al.* (2011); El Ouarti *et al.* (2012); Ferreira *et al.* (2012) et Chorfi (2022) ont démontré une activité antimicrobienne des extraits de feuilles d'arboise.

### **I.8.3. Autres propriétés**

L'arbousier commun possède des propriétés astringentes efficaces pour traiter la diarrhée et la dysenterie, ainsi que des propriétés antiseptiques qui en font un remède utile pour la cystite et l'urétrite. En gargarisme, il peut soulager les douleurs de gorge (Zitouni *et al.*, 2021). Les feuilles de cet arbre sont persistantes et ont une bordure dentée. Son écorce est de couleur rougeâtre et on lui attribue des propriétés antiseptiques, antispasmodiques et astringentes grâce à sa teneur en tanins. Elles sont donc recommandées en cas de diarrhée ou d'engorgement du foie (Masmoudi *et al.*, 2020).

## **I.9. Utilisations et bienfaits d'arboise**

### **I.9.1. Utilisations Alimentaires**

Les fruits d'arboise (*Arbutus unedo* L.) sont généralement consommés crues car ils apportent une source en vitamine C. En outre, les fruits d'arboise sec peuvent être utilisés aussi pour faire du thé avec des saveurs et des couleurs différentes selon les variétés (Nicole *et al.*, 2013).

De plus, en raison de sa forte teneur en sucre fermentescible il a été traditionnellement utilisé pour obtenir des boissons alcoolisées au Portugal on trouve la production de vin liqueurs et les eaux de vie est l'activité la plus associée à cette ce fruit (Correia *et al.*, 2003).



L'arbose utilise aussi dans la production des gelées, confitures, marmelades et d'autres dessert tel que les pâtisseries en raison de sa richesse en pectine (Alarcão-E-Silva *et al.*, 2001; Morales Valverde *et al.*, 2002). Selon Tuberoso *et al.* (2013), l'arbousier est considéré comme un arbuste mellifère et produit un miel de goût distingué et possède plusieurs vertus médicinales.

### **I.9.2. Utilisations en technologie alimentaire**

Des essais sur l'incorporation de l'extrait de fruit d'arbousier riche en catéchine dans le pain ont démontré une capacité antioxydante plus élevée que le pain incorporé avec de l'acide ascorbique et du ascorbate de potassium, cela encourage le remplacement des conservateurs synthétique par d'autres naturel sans interférer avec les caractéristiques nutritionnelles (Takwa *et al.*, 2018).

L'utilisation d'extraits de ce fruit riche en composés phénoliques avec une forte activité antioxydante, comme un ingrédient fonctionnel dans les produits carnés transformés ou la combinaison d'extraits de ce fruits avec l'ascrobate de sodium et le nitrite de sodium améliore la stabilité à l'oxydation des saucisses sans modifier leurs propriétés (couleurs, textures) en minimisant la détérioration de la qualité pendant le stockage réfrigéré (Armenteros *et al.*, 2013; Ganhão *et al.*, 2013). En outre, il a été démontré que l'ajout d'extraits de fruit dans la viande porcine a protégé les acides gras polyinsaturés de la dégradation oxydative, a inhibé la formation de substances réactives à l'acide thiobarbiturique et de composés volatils, il a protégé aussi contre l'oxydation des protéines tout en empêchant la formation de composés carbonylés. Ainsi, les propriétés nutritionnelles et sensorielles de ces produits ont été améliorées (Ganhao *et al.*, 2010; Ganhão *et al.*, 2013). De plus, l'extrait d'arbose est considéré comme un ingrédient fonctionnel dont son incorporation dans un fromage à pâte molle « Sardaigne », conduit à l'augmentation du son rendement et l'amélioration de son activité de piégeage du DPPH au cours du stockage tout en conservant sa couleur et ses propriétés sensorielles (Masmoudi, *et al.*, 2020).

### **I.9.3. Utilisations en médecine**

Les fruits d'arboises sont utilisés dans les régions méditerranéennes comme l'Italie le Maroc et la Turquie. Plusieurs vertus thérapeutiques sont attribués à ce fruit ce qui explique son utilisation ancienne dans la médecine traditionnelle et population (Mariotto *et al.*, 2008) à savoir dans le traitement des troubles gastro-intestinaux, des problèmes dermatologiques et urologiques et pour des applications cardiovasculaires et des gastrite

(Leonti *et al.*, 2009). Ils possèdent également des propriétés anti-diarrhéiques et astringentes car il contient de la pectine qui, avec les tanins, les rend idéales pour préparer une tisane de fruits qui apporte des bienfaits en cas de diarrhée. De plus, Boullard (2001) ont souligné la nécessité de respecter les doses d'arbouses consommées car elles sont anti-diarrhéiques en petite quantité, et deviennent purgatives en grande quantité.

En outre, Sandhu *et al.* (2005) a étudié les extraits d'arbouse sur différents paramètres tels que les tests d'inhibition enzymatique et d'inhibition de l'activation cellulaire induite par des cytokines. Ceci prouve la capacité de ces fruits à inhiber la synthèse de l'ADN et la prolifération cellulaire. Il est utilisé comme un remède naturel pour l'hypertension et le diabète (El Haouari *et al.*, 2007). Cependant, il est déconseillé pendant la grossesse et en cas d'affection rénale (Iserin *et al.*, 2001).

## *II. Généralités sur le Yaourt*



## **II. Généralités sur le yaourt**

### **II.1. Historique**

Le terme "yaourt", "yogourt" ou "yogourt" est en effet dérivé du mot turc "yoğurt", qui signifie "épaissir", "coaguler" ou "cailler (Kaur, Kaur *et al.* 2017) est un aliment connu depuis des milliers d'années et apparaît pour la première fois dans la littérature aux alentours du VIII<sup>ème</sup> siècle. Cet aliment traditionnel est consommé dans de nombreuses cultures à travers le monde depuis des siècles en raison de ses propriétés nutritionnelles Trachoo *et al.* (2002).

Le lait fermenté a certainement été consommé en Mésopotamie, en Palestine et en Égypte dès le néolithique, mais il n'existe pas de preuves directes de cette consommation. Au premier siècle après J.C., Pline l'Ancien parle de comment les tribus barbares étaient capables de transformer le lait en une substance acidulée et agréable. Il considérait ce produit comme étant d'origine divine et croyait qu'il pouvait aider à soigner de nombreux problèmes de santé (Bourlioux *et al.*, 2011).

Traditionnellement, le yaourt nature et ferme était l'essentiel de la production de lait fermenté. Cependant, dans les années 1960 et 1970, les produits sucrés et aromatisés aux fruits ont commencé à apparaître sur le marché. Actuellement, ces produits sucrés et aromatisés représentent la majorité des ventes de yaourts (Morissette *et al.*, 2020).

### **II.2. Définition**

Selon Codex Alimentarius (1975), le yaourt est défini comme un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de deux types de bactéries spécifiques: *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Cette fermentation se produit à partir de lait frais ou pasteurisé. Dans de nombreux pays, la législation exige que les bactéries du yaourt soient présentes et vivantes dans le produit vendu. Cependant, dans d'autres pays, il est admis qu'un traitement thermique soit appliqué pour améliorer la durée de conservation, mais cela peut altérer les propriétés du yaourt FAO (1995).

### **II.3. Différents types du yaourt**

Les yaourts sont proposés dans les magasins avec une variété de formes, textures, saveurs et goûts différents qui sont directement liés à leurs compositions variées. Cette large gamme de choix permet de répondre aux besoins nutritionnels et aux préférences gustatives des consommateurs (Birollo *et al.*, 2000). Le yaourt est classifié par types de la façon suivants selon :

➤ **La teneur en matière grasse :** les aliments peuvent être classés en différentes catégories selon leur teneur en matières grasses on distingue le :

a) **Yaourt entier:** le yaourt est fabriqué à partir du lait entier. Il contient entre 3 et 4 % de matière grasse et a un taux minimal de 3 % de protéines lactiques.

b) **Yaourt partiellement écrémé:** avec une teneur en matière grasse de 1 à 3 %.

c) **Yaourt écrémé:** avec une teneur maximale de 0,5 % (en poids) de la matière grasse (FAO, 1995).

➤ **La technologie de fabrication:**

a) **Yaourt ferme:** les yaourts en pot, qui sont principalement des yaourts naturels ou aromatisés, sont fermentés à une température de 42°C à 46°C après leur mise en pot (FAO, 1995).

b) **yaourt brassé:** les yaourts veloutés naturels ou aux fruits subissent une fermentation en cuve avant d'être brassés et conditionnés (Bourlioux *et al.*, 2011). présente une texture presque fluide (Eck *et al.*, 1975).

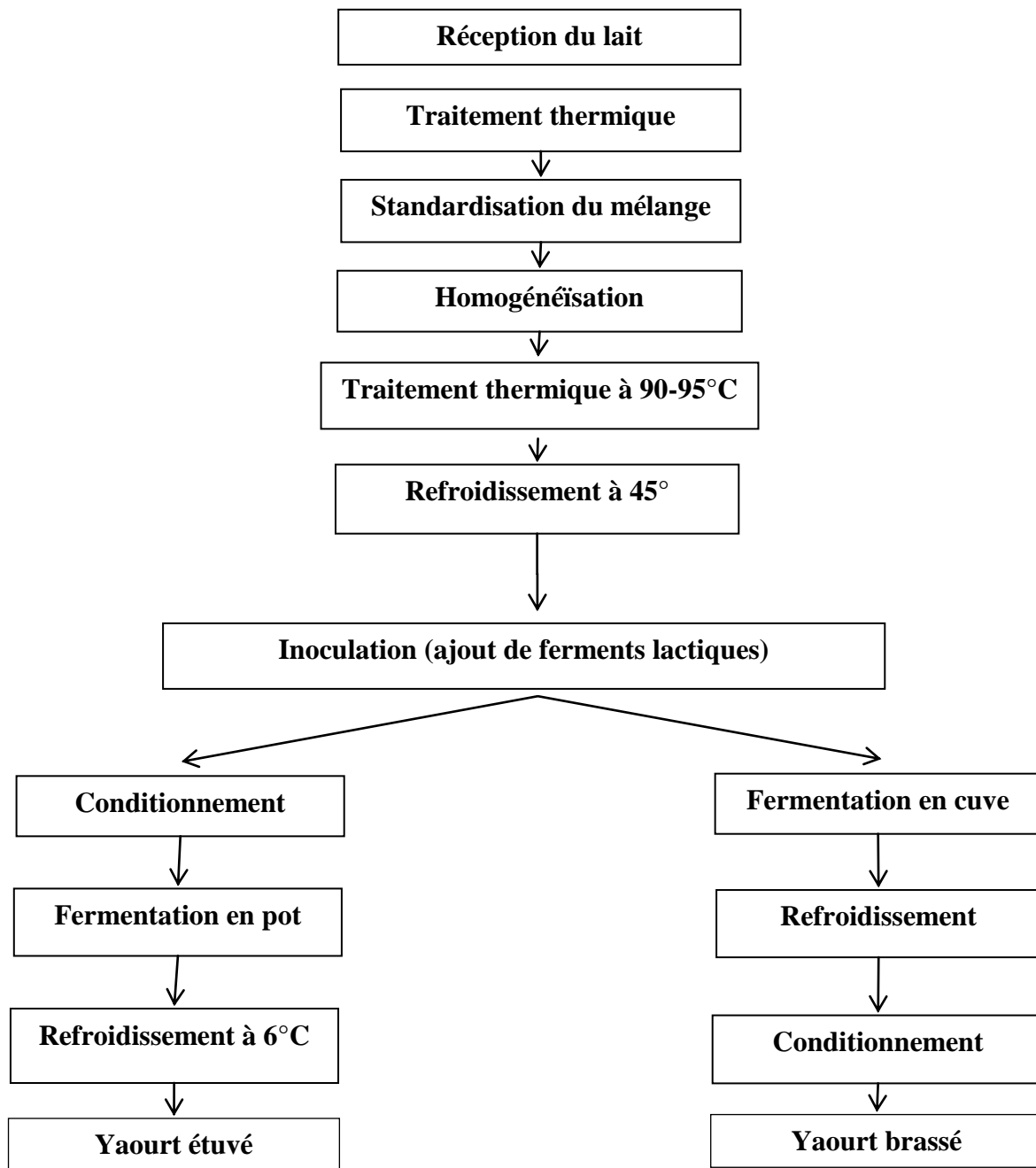
c) **yaourt à boire:** yaourt qui se présente sous une consistance plus fluide que le yaourt traditionnel. Il est généralement consommé comme boisson rafraîchissante que comme un aliment (Béal *et al.*, 2019).

➤ **Le goût:** les yaourts se déclinent en différentes variétés, telles que les yaourts sucrés ou naturels, les yaourts aux fruits ou au miel, ainsi que les yaourts aromatisés avec des arômes naturels ou artificiels autorisés par la législation (Kaur *et al.*, 2017).

➤ **Les ajouts autorisés:** des substances aromatisantes peuvent être ajoutées à un yaourt nature non sucré, qui est préparé à partir de lait pasteurisé ou stérilisé, homogénéisé etensemencé avec des ferments lactiques. Cette préparation de yaourt nature peut ensuite être aromatisée pour créer un yaourt aromatisé avec un goût particulier (Hanif *et al.*, 2012).

### **II.4. Fabrication du yaourt**

La fabrication du yaourt est un processus traditionnel ancestral qui a été transmis de génération en génération tout en étant amélioré par l'apport de nouvelles technologies pour devenir une activité rationnelle et sophistiquée en combinant la science et le savoir-faire (Weerathilake *et al.*, 2014). La Figure 6 illustre les principales étapes de la fabrication du yaourt, qu'il soit brassé ou étuvé.



**Figure 6:** Processus de fabrication des yaourts (étuvé et brassé) (Lapointe-Vignola, 2002).

#### **II.4.1. Récupération et préparation du lait**

Il est largement accepté que la qualité d'un produit est directement influencée par la qualité des matières premières utilisées. C'est pourquoi il est essentiel de mettre en œuvre des méthodes et des procédures rapides et simples dès la réception du lait ou d'autres matières premières afin de repérer rapidement les problèmes et de prévenir toute perte de contrôle. Cela permet de garantir la qualité du produit fini (Lapointe-Vignola, 2002).

#### **II.4.2. Standardisation du mélange**

Afin de fabriquer un yaourt de qualité, il est essentiel de standardiser le lait en matières grasses et en protéines. Cette étape permet d'obtenir un yaourt à la consistance ferme et homogène, sans phénomène de synérèse (séparation du petit-lait). De plus, le lait peut être éventuellement sucré pour répondre à des critères nutritionnels spécifiques (Béal *et al.*, 2019). Pour bien comprendre l'importance du lait standardisé ou concentré sur la qualité finale du yaourt, il est nécessaire d'expliquer le rôle de chaque composant dans le lait :

- Le lactose est une matière première utilisée pour l'acidification du yaourt. Il est peu sucré, avec une intensité sucrée environ quatre fois plus faible que celle du sucre.
- Les minéraux jouent un rôle important dans la stabilisation du gel du yaourt en agissant comme des "boulons" (Lapointe-Vignola, 2002).
- Les protéines ont un impact sur la texture du yaourt grâce à leur capacité à coaguler et à se lier avec l'eau, ce qui affecte sa viscosité, sa consistance, son élasticité et sa fermeté.
- La matière grasse a un effet sur la texture et la saveur du yaourt, un impact sur la sensation de douceur en bouche.

#### **II.4.3. Homogénéisation**

Pour améliorer la consistance du yaourt et éviter la formation d'une couche crémeuse à la surface, il est essentiel de passer le lait par un homogénéisateur ou un visualiseur. Cette étape consiste à pousser le lait à travers de petites ouvertures à haute pression pour briser les globules gras et réduire leur diamètre, ce qui permet une répartition uniforme de la matière grasse (Kaur *et al.*, 2017). Le Tableau II résume les causes possibles d'une homogénéisation inadéquate d'un mélange et leurs incidences sur la qualité du yaourt.

#### **II.4.4. Traitement thermique**

Le lait subit un traitement thermique à une température de 90 à 95°C pendant 3 à 5 min. Ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait. Tout d'abord, il crée des conditions favorables aux développements des bactéries lactiques. Il détruit les germes pathogènes et indésirables et inactifs des inhibiteurs de croissance (Kora, 2004). Il diminue les niveaux de sulfures toxiques et induit la production d'acide formique qui favorise la croissance de *Lactobacillus bulgaricus* (Loones, 1994).

**Tableau II:** Causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt (Farkye and Imafidon, 1995).

<b>Causes</b>	<b>Incidences sur la qualité du yogourt</b>
<b>Pression Trop faible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La séparation du gras entraîne l'obtention de deux phases distinctes, dont il présente une surface très crémeuse.</li> <li>- Présence d'un goût d'eau dans le produit et non uniformité de la couleur.</li> <li>- Produit plus liquide, donc une consistance et une viscosité moindres.</li> <li>- Synérèse pression trop forte</li> </ul>
<b>Pression Trop forte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution dans l'onctuosité.</li> <li>-Viscosité et consistance inappropriées en raison d'un bris des protéines, produit plus liquide.</li> <li>- Présence de mousse ou de bulles à la surface.</li> </ul>
<b>Traitement thermique trop faible ou temps de retenue insuffisant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de certaines saveurs recherchées.</li> <li>-Viscosité et texture plus faibles (protéines du lactosérum, concentré de protéine du lactosérum).</li> <li>-Réduction possible de l'activité ou ralentissement de la croissance microbienne.</li> <li>- Destruction moindre des contaminations microbiennes.</li> </ul>
<b>Traitement thermique trop poussé (élevé)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte d'efficacité du ferment.</li> <li>- Couleur plus foncée (brunissement).</li> <li>- Goût de cuit.</li> </ul>

#### **II.4.5. Fermentation lactique**

La fermentation lactique est l'étape clé de la production des laits fermentés. Elle implique la conversion du lactose présent dans le lait en acide lactique par l'action de micro-organismes particuliers appelés bactéries lactiques, entraînant des altérations biochimiques, physico-chimiques et sensorielles du produit (Béal *et al.*, 2019). Le lait enrichi et ayant subi un traitement chimique est refroidi jusqu'à la température de fermentation optimale de 40-45°C, où les bactéries lactiques se développent de manière symbiotique, favorisant ainsi la fermentation (Loones, 1994). L'ensemencement direct est la méthode la plus répandue car elle présente plusieurs avantages, notamment l'utilisation simple des cultures bactériennes, la limitation du nombre de générations et une meilleure maîtrise des ratios entre les deux espèces de bactéries utilisées (Luquet *et al.*, 2006). La durée de la fermentation dépend de facteurs tels que l'activité des cultures bactériennes, la quantité de bactéries ajoutées au lait (taux d'ensemencement) et la rapidité à laquelle le lait est refroidi (Luquet, 1985).



II.4.6. Conditionnement et stockage

Une fois que le yaourt a atteint le pH souhaité de 4,6, la fermentation est arrêtée en procédant au refroidissement. Dans le cas des yaourts fermes, ils sont soit immédiatement transférés dans un entrepôt frigorifique, soit rapidement refroidis à l'aide de tunnels de refroidissement (Figure 7). Pour les yaourts brassés, le refroidissement se fait d'abord par agitation dans une cuve de fermentation à double enveloppe, puis le produit est soumis à un processus de coupe et de lissage (Figure 7) (Lee *et al.*, 2010). Pendant le stockage, l'activité des bactéries lactiques est maintenue à un niveau réduit, ce qui se traduit par une évolution connue sous le nom de post-acidification. Cette évolution se caractérise par une légère baisse du pH, en particulier au cours des deux premiers jours de stockage (Lamoureux, 2001; Lee *et al.*, 2010).

A la fin de la production, un nettoyage automatique de toutes les machines utilisées est effectué à l'aide du procédé appelé « *Cleaning In Place* » (Tsarouhas and Arvanitoyannis, 2014).

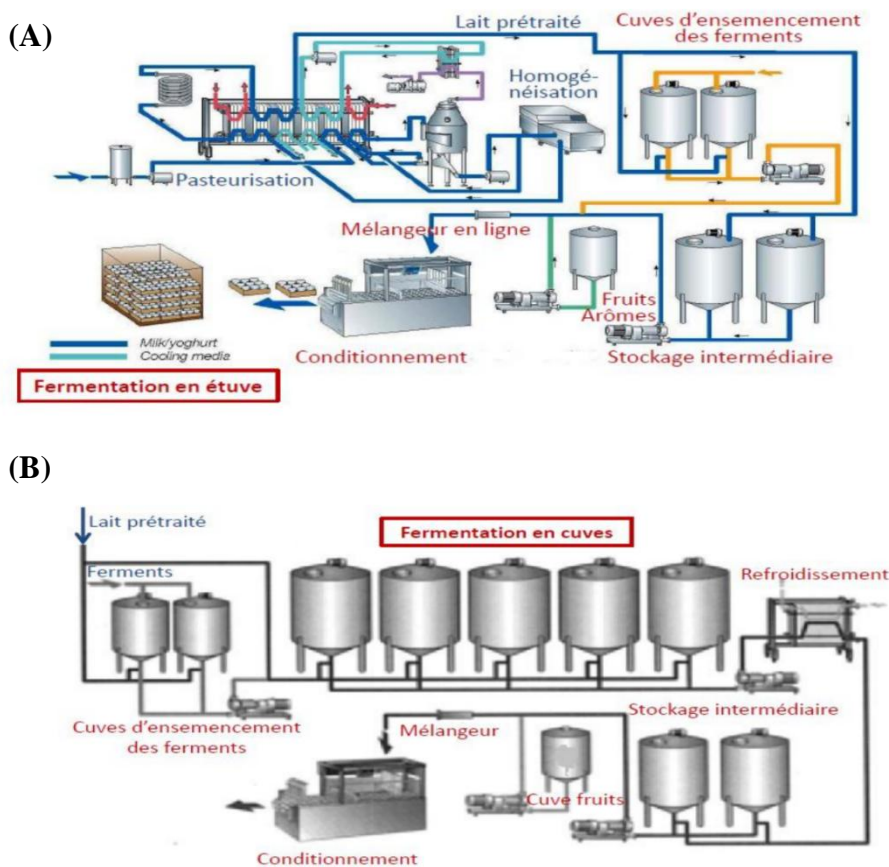


Figure 7: Diagramme de fabrication du yaourt ferme (A) et brassé (B).

### **II.5. Valeurs nutritionnelles**

Le yaourt est un aliment pauvre en matières grasses (0 à 4 pourcent) et relativement peu calorique (en moyenne 60 kcal pour un pot de 125 g de yaourt nature classique). Le yaourt facilite également la digestion du lactose; il est également riche en calcium et en vitamines du groupe B (Tableau III). Consommer un pot de yaourt nature par jour permet de couvrir au moins 20 % des apports nutritionnels recommandés en calcium, vitamine B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub> et B<sub>12</sub>, et 9 % en vitamine B<sub>9</sub> pour un homme adulte (Anderson *et al.*, 2004; Anderson, Luhovyy *et al.*, 2011). Le yaourt et les laits fermentés contiennent une quantité supérieure de calcium par rapport au lait non fermenté (Béal *et al.*, 2019).

**Tableau III:** Composition nutritionnelle des différentes catégories de yaourts et laits fermentés (Bourlioux *et al.*, 2011).

	<b>Energie (kcal/100 g)</b>	<b>Glucides (g/100 g)</b>	<b>Protéines (g/100 g)</b>	<b>Lipides (g/100 g)</b>	<b>AGS (g/100 g)</b>	<b>Calcium (mg/100 g)</b>
<b>Yaourt 0 % nature</b>	43,6	5,55	4,35	0,09	0,05	136
<b>Yaourt 0%, aromatisé, Sucré</b>	59,3	10,4	3,87	0,14	0,08	117
<b>Yaourt au lait demi-écrémé, nature ou édulcoré.</b>	55,3	6,73	3,45	1,27	0,82	129
<b>Yaourt au lait demi-écrémé, aux fruits,</b>	79,2	12,3	5,51	1,47	0,90	118
<b>Yaourt au lait entier, nature ou édulcoré.</b>	75,8	7,18	5,94	3,31	2,12	136
<b>Yaourt au lait entier aux fruits</b>	107	13,3	3,49	4,17	2,55	117

### **II.6. Effets thérapeutiques**

#### **II.6.1. Digestion du lactose**

L'intolérance au lactose est causée par une insuffisance de lactase dans l'intestin, ce qui peut entraîner une faible densité minérale osseuse due à l'exclusion des produits laitiers du régime alimentaire. Le yaourt contient des ferments vivants qui facilitent la digestion du lactose, ce qui en fait une alternative bénéfique pour les personnes intolérantes au lactose qui souhaitent bénéficier des avantages nutritionnels des produits laitiers (Weerathilake *et al.*, 2014).

### **II.6.2. Effet probiotique**

L'effet probiotique du yaourt se réfère à l'amélioration des performances zootechniques telles que la croissance et la réduction des diarrhées, grâce à la sélection de souches appropriées et à la quantité et à la durée appropriées d'administration de bactéries lactiques vivantes. En d'autres termes, l'effet probiotique dépend de la qualité et de la quantité de bactéries lactiques vivantes présentes dans le yaourt (scientifique de Syndifrais, 1997).

### **II.6.3. Effet hypocholestérolémiant**

La consommation de produits laitiers fermentés, tels que le yaourt, peut réduire le taux de cholestérol sérique, même en cas d'apport alimentaire élevé en cholestérol. Cela peut être attribué à l'absorption du cholestérol par les bactéries lactiques présentes dans ces produits, comme suggéré par plusieurs études. En résumé, les produits laitiers fermentés pourraient avoir un effet bénéfique sur le taux de cholestérol grâce aux propriétés des bactéries lactiques (Drouault *et al.*, 2001).

### **II.6.4. Activité antimicrobienne**

Des études ont montré que l'ajout de *Lactobacillus acidophilus* IIA-2B4 et d'extrait de roselle au yaourt à base de lait de chèvre a augmenté son activité antimicrobienne, avec une sélectivité accrue envers les bactéries Gram positives et négatives telles que *Bacillus cereus*, *Salmonella Typhi*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Donc l'ajout de certains ingrédients au yaourt peut augmenter son activité antimicrobienne, avec une sélectivité accrue envers certaines bactéries (Hanifah *et al.*, 2016).

### **II.6.5. Stimulation du système immunitaire**

Plusieurs études ont mis en évidence l'effet immunorégulateur du yaourt, qui peut augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines, ainsi que stimuler l'activation des lymphocytes B. Cet effet est attribué en particulier à la présence de *Lactobacillus bulgaricus* (Jeantet *et al.*, 2007). Les bactéries lactiques peuvent stimuler le système immunitaire en agissant sur les cellules impliquées dans l'immunité, qu'elle soit spécifique ou non spécifique (Marteau *et al.*, 1994).

## **II.7. Qualité du yaourt**

### **II.7.1. Aspects physico-chimiques**

- La couleur du yaourt doit être uniforme et sans variation de teinte pour être considéré comme de qualité;

- Goût franc et parfum caractéristique (décrire les qualités gustatives et aromatiques).

- La texture du yaourt brassé et étuvé doit être homogène (Ladj, 2014).

**II.7.2. Aspects hygiéniques**

La Norme Nationale JORA (2017) indique que le yaourt doit être dépourvu d'agents pathogènes. En d'autres termes, le produit ne doit pas contenir de micro-organismes qui peuvent causer des maladies chez les consommateurs.

**II.7.3. Défauts de fabrication du yaourt**

Le Tableau IV résume les défauts les plus courants qui peuvent survenir lors de la fabrication du yaourt, ainsi que les causes possibles de ces défauts.

**Tableau IV:** Principaux défauts de goût rencontrés dans la fabrication du yaourt.

<b>Qualités</b>	<b>Défauts</b>	<b>Causes</b>
<b>Apparence</b> (Luquet ,1985)	Production de gaz	- Contamination par des levures/bactéries Coliformes.
	Décantation, synérèse	- Teneur en matière sèche insuffisante. - Sur-acidification ou post-acidification, Conditions de transport.
	Couche de crème	-Manque d'homogénéisation.
<b>Goût</b>	Amertume	- Trop longue conservation (Karagul-Yuceer <i>et al.</i> , 2006) -Contamination par des germes protéolytique
	Acidité trop forte / faible	-Mauvaise conduit de la fermentation (taux d'ensemencement trop fort, incubation trop longue). - Mauvaise activité de bactéries lactiques (taux d'ensemencement trop faible, incubation trop courte) (Sandine <i>et al.</i> , 1972).
	Goût oxydé Goût de cuit Goût gras	-Mauvaise protection contre la lumière -Traitement thermique trop sévère -Teneur excessive en matière grasse (Luquet, 1985).
<b>Texture</b>	Manque de fermeté	-Ensemencement trop faible -Mauvaise incubation (temps et température trop faible). -Teneur en matière sèche insuffisante (Trachoo, 2002)
	Texture granuleuse	-Excès de matière grasse dans la composition -Brassage inadéquat.
	Texteur sableuse	-Acidification incohérente et insuffisante. -Homogénéisation effectuée à une température excessive. -Excès de poudrage (Soukoulis <i>et al.</i> , 2007)

*Partie*  
*expérimentale*

*III. Matériel  
et  
méthodes*

### III. Matériel et méthodes

#### III.1. Préparation des échantillons

L'échantillon d'arbose (*Arbutus unedo* L.) a été récolté le 26 décembre 2022 au stade final de leur maturité dans la région de Bordj Mira, wilaya de Bejaia.

L'échantillon d'arbose congelé est séché dans une étuve portée à une température de 40°C jusqu'à poids constant (pendant environ 5 jours), suivi d'un broyage à l'aide d'un broyeur afin de récupérer la poudre du fruit d'arbose dont le diamètre des particules est de 150 µm; puis cette dernière est conservée dans des bocaux en verre à l'abri de l'humidité pour l'analyser ultérieurement (Figure 8).



**Figure 8:** Photographie des étapes de préparation de la poudre de l'arbose.

Les objectifs principaux de la présente étude sont:

- Evaluation des propriétés physico-chimiques, fonctionnelles et antioxydantes de la poudre d'arbose étudiée ;
- Essai d'élaboration des yaourts étuvés (yaourt enrichi d'arbose (YE) et yaourt témoin (YT)) dans les mêmes conditions ;
- Evaluation des qualités des yaourts élaborés (qualité physico-chimique, qualité microbiologique et qualité sensorielle).

### **III.3. Détermination des paramètres physico-chimiques de la poudre d'arbose**

#### **III.3.1. pH**

Le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H<sup>+</sup>, contenus dans une solution. Le but est de mesurer quantitativement l'acidité de celle-ci, le pH est déterminé par un pH-mètre qui mesure la différence du potentiel entre deux électrodes qui sont émergés dans une solution donnée (JORA, 2017).

Le pH du fruit d'arbose est déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode (AFNOR, 1982). Une prise d'essai de 0,5 g est ajustée avec l'eau distillée à un volume de 25 mL, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 min suivi d'une filtration. Le filtrat récupéré permet de mesurer les valeurs du pH à l'aide d'un pH mètre.

#### **III.2.2. Acidité titrable**

L'acidité titrable du fruit d'arbose est déterminée par la méthode (AFNOR, 1974). Elle consiste à peser environ 2 g d'échantillon et les placer dans une fiole conique avec 25 mL d'eau distillée chaude, récemment bouillie, refroidie, puis bien mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène. Après avoir chauffé le contenu au bain marie pendant 30 min, refroidir, transvaser le contenu dans une fiole conique jaugée de 250 mL et ajuster le volume avec l'eau distillée récemment bouillie, puis filtrer.

Afin de déterminer l'acidité, prélever 25 mL du filtrat et les verser dans un bécher, ajouter deux à trois gouttes de la phénolphaléine tout en agitant et verser à l'aide d'une burette la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à N/9 jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante et noter le volume de la soude versée. L'acidité est déterminée par la formule suivante:

$$\text{Acidité titrable (\%)} = (250 \cdot V_1 \cdot 100) / (V_0 \cdot M \cdot 10)$$

Soit :

**M:** Masse du produit prélevé (g);

**V<sub>0</sub>:** Volume de la prise d'essai (mL);

**V<sub>1</sub>:** Volume de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé (0,1N) (mL).

#### **III.2.3. Degré Brix**

Le degré Brix est le pourcentage de matière sèche soluble dans l'eau. Il est déterminé à l'aide d'un réfractomètre permettant la mesurer de l'étendue de la réfraction de la lumière. Le Brix est utilisé pour quantifier la fraction de saccharose contenue dans un liquide, ou autrement dit le pourcentage de matière sèches soluble. Tout d'abord, nettoyer



le prisme du réfractomètre (Annexes III) avec un coton imbibé d'alcool, et sécher avec du papier absorbant puis déposer l'échantillon en quantité suffisante à l'aide d'une pipette sur la surface du prisme, après étalonnage du réfractomètre avec de l'eau distillée. Fermer le couvercle du prisme mobile et faire la lecture.

#### **III.2.4. Teneur en eau et matière sèche**

La teneur en eau et la matière sèche permettent de quantifier la quantité d'eau et de matières solides présentes dans un échantillon. La teneur en eau est déterminée en séchant l'échantillon pour éliminer toute l'eau, tandis que la matière sèche est calculée en soustrayant la teneur en eau de la masse totale de l'échantillon. Ces mesures sont importantes pour évaluer la composition et la qualité des produits dans divers domaines. Afin de déterminer la teneur en eau de l'échantillon d'arboise étudié, 2 g d'arboise subissent une dessiccation dans une étuve portée à  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant 4 heures (Doymaz, 2004). La teneur en eau est calculée selon la formule suivante:

$$\mathbf{H (\%) = [(M_1 - M_2) / P] * 100}$$

D'où :

**H (%)** : Humidité en pourcentage;

**M<sub>1</sub>**: Masse de la capsule + masse de la matière fraîche (g);

**M<sub>2</sub>**: Masse de la capsule + masse de la matière sèche (g);

**P**: Masse de la prise d'essai (g).

Par conséquent le taux de matière sèche (MS) est exprimé comme suite :

$$\mathbf{MS (\%) = 100 - H (\%)}$$

#### **III.2.5. Teneur en cendres et matières organiques**

Une exposition à une forte chaleur de  $550^{\circ}\text{C}$  dans un four à moufle permet une destruction complète et l'élimination des matières organiques qui sont entièrement dégradées. Ce processus laisse les sels minéraux dans le creuset sous forme de cendres blanchâtres.

Afin de déterminer la teneur en matières organiques, une quantité de 5 g de la poudre d'arboise est introduite dans une capsule en porcelaine puis placée dans un four à moufle porté à  $550 \pm 15^{\circ}\text{C}$  pendant 5 H jusqu'à ce qu'on obtient des cendres de couleur grisâtre ou blanchâtre (AFNOR, 1982). La capsule est pesée après refroidissement et la matière organique est calculée par la formule suivante :

$$\mathbf{MO (\%) = (M_1 - M_2) / P] \times 100}$$

Où :

**MO:** Matière Organique

**P:** Masse de la prise d'essai;

**M<sub>1</sub>:** Masse des capsules + la masse de la prise d'essai;

**M<sub>2</sub>:** Masse des capsules + cendres.

La teneur en cendres est calculée par la formule suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = 100 - \text{MO (\%)}$$

### **III.2.6. Teneur en sucres**

La teneur en sucres des différents échantillons a été déterminée selon la méthode (AFNOR, 1982). 1 g de l'échantillon sont introduits dans un bêcher de 100 mL, 2,5 mL d'acétate de zinc (30%) sont additionnés, le volume est ajusté à 2/3 du volume du bêcher avec de l'eau distillée. Le mélange est agité à plusieurs reprises et laissé reposer pendant 15 min, puis ajusté avec de l'eau distillée jusqu'à 100 mL suivi d'une homogénéisation. La solution est filtrée et le filtrat obtenu est récupéré.

#### **III.2.6.1. Dosage des sucres réducteurs**

Les sucres réducteurs ont la capacité de réduire partiellement la solution de Fehling en excès. Cette réaction doit avoir lieu à haute température. Lorsqu'une quantité de sucres réducteurs est présente dans un milieu alcalin et chauffé, elle réduit le sulfate de cuivre II (de couleur bleue) en oxyde de cuivre II, formant ainsi un précipité de couleur rouge brique.

Le protocole de dosage des sucres réducteurs consiste à prélever 5 mL de la solution de Fehling I et 5 mL de la solution de Fehling II puis ajuster le volume jusqu'à 100 mL avec de l'eau. Après un chauffage jusqu'à ébullition, titrer la solution de Fehling avec le filtrat obtenu précédemment jusqu'à ce que la couleur bleue disparaisse, puis ajouter quelques gouttes de bleu de méthylène et continuer le titrage jusqu'à apparition d'une couleur rouge brique. Noter le volume du filtrat dépensé pour le titrage et calculer le taux de sucres réducteurs selon la formule suivante :

$$\text{Sucres réducteurs (\%)} = [240 / V (V_1 - 0,05)]. 10 / 100$$

**V:** Volume de la solution mère (mL);

**V<sub>1</sub>:** Volume du filtrat dépensé (mL).

### **III.2.6.2. Dosage des sucres totaux**

Le dosage des sucres totaux consiste à ajouter à 50 mL du filtrat 5 mL d'HCl pure porté au bain marie à 70°C pendant 5 min. En présence de la phénolphaléine (1%), neutraliser le mélange avec de la soude à 10 N et on procède de la même manière que le dosage des sucres réducteurs. Les sucres totaux sont déterminés par la formule suivante :

$$\text{Sucres totaux (\%)} = [500 / V (V_2 - 0,05)]. 10 / 100$$

Soit :

**V:** Volume de la solution mère (mL);

**V<sub>2</sub>:** Volume du filtrat dépensé (mL).

### **III.2.6.3. Dosage des sucres non-réducteurs**

La teneur en sucres non réducteurs, en particulier le saccharose est obtenu par la différence en sucres totaux et les sucres réducteurs présent dans l'échantillon.

$$\text{Sucres non réducteurs (\%)} = (\%) \text{ Sucres totaux} - (\%) \text{ Sucres réducteurs}$$

## **III.3. Screening phytochimique de poudre d'arboise**

Des tests en tube sont réalisés sur la poudre d'arboise afin de déterminer de manière préliminaire la nature des différents métabolites secondaires qu'elles contiennent. Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation. L'analyse est effectuée sur une solution à 20% selon la méthode de Paris *et al.* (1978) et Bourahla (2017).

➤ **Identification des tanins totaux:** 5 mL d'infusé, on ajoute quelques gouttes d'une solution de FeCl<sub>3</sub> à 5% ; une réaction positive se traduit par l'apparition d'une coloration bleue noire.

➤ **Identification des anthocyanes:** ajouter quelques gouttes d'HCl à 5 mL d'infusé. En présence d'anthocyanes, une réaction positive se traduit par l'apparition d'une coloration rouge.

➤ **Identification des glucosides:** 2 g de poudre sont additionnés de quelques gouttes d'acide sulfurique; la formation d'une coloration rouge brique ensuite violette indique leur présence.

➤ **Identification des mucilages:** introduire 1 mL de l'extrait dans un bécher puis ajouter 5ml d'alcool absolu et laisser agir pendant 10 min. La réaction positive se traduit par l'apparition d'un précipité floconneux.

➤ **Identification des irridoïdes:** ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 2 mL d'infusé puis chauffer le mélange sur une plaque chauffante. La présence des irridoïdes se traduit par l'apparition d'une coloration bleue.

➤ **Terpénoïdes:** un volume de 5 mL d'extrait est mélangé avec 2 mL de chloroforme et 3 mL d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et une couleur marron à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.

➤ **Quinones libres:** ajouter à un volume d'extrait quelques gouttes de NaOH (1%). L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres.

➤ **Composés réducteurs:** introduire 1 mL d'extrait dans un tube à essai, ajouter 2ml de liqueur de Fehling (1mL réactif A et 1 mL réactif B), incuber l'ensemble pendant 8 min dans un bain marie bouillants. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs.

➤ **Identification d'amidon:** ajouter à 2 g de poudre d'arbose quelques gouttes de la solution d'iode (I<sub>2</sub>). Apparition d'une coloration bleue violette lorsque la réaction est positive.

### **III.4. Détermination des propriétés fonctionnelles de Poudre d'arbose**

#### **III.4.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE)**

La CAE est estimée d'après Diomande *et al.* (2017). Une quantité de poudre d'arbose est pesée et introduite dans un tube de centrifugation. Les tubes contenant la poudre ont été pesés et les masses sont notées (me). Ensuite, un volume d'eau a été ajouté dans chaque tube et le tout a été agité pendant 30 minutes. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min. Le surnageant de chaque tube est versé et les nouvelles masses notées (me'). La CAE est déterminée selon la formule suivante :

$$CAE = (me' - me) \times 100/P$$

Où :

**me:** Masse du tube contenant la poudre avant centrifugation (g);

**me':** Nouvelle masse du tube contenant la poudre après centrifugation (g);

**P:** Poids de la prise d'essai (g).

### **III.4.2. Capacité d'absorption d'huile (CAH), de lait entier (CALE) et de lait partiellement écrémé (CALPE)**

Le même protocole que celui de la mesure de la CAE a été suivi, sauf que l'eau a été remplacée par l'huile, le lait entier et le lait partiellement écrémé pour la mesure des capacités CAH, CALE et CALPE, respectivement. Les capacités d'absorptions sont alors déterminées selon la formule:

$$\text{CAH} = \text{CALE} = \text{CALPE} = (\text{me}'' - \text{me}) \times 100/\text{P}$$

Où:

**me**: Masse du tube contenant la poudre avant centrifugation (g);

**me''**: Nouvelle masse du tube contenant la poudre après centrifugation (g);

**P**: Poids de la prise d'essai.

### **III.4.3. Détermination du rapport hydrophile-lipophile (RHL)**

Le rapport hydrophile-lipophile (RHL) tel que défini par (Marie, Edmond et al. 2015), a été calculé en faisant le rapport de la capacité d'absorption d'eau sur la capacité d'absorption d'huile. C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée de poudre pour l'eau et pour l'huile.

$$\text{RHL} = \text{CAE}/\text{CAH}$$

Où :

**RHL**: Rapport hydrophile-lipophile;

**CAE**: Capacité d'absorption d'eau;

**CAH**: Capacité d'absorption d'huile.

### **II.4.4. Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE)**

L'AE et la SE ont été déterminées selon la méthode décrite par Diomande *et al.* (2017). Une quantité de la poudre d'arboise est pesée et introduite dans un tube de centrifugation. Les tubes contenant les poudres sont pesés et les masses sont notées, ensuite chaque tube est additionné d'un même volume d'huile et d'eau. Après 30 min d'agitation, les différents tubes sont centrifugés à 5000 trs/min pendant 25 min. Les tubes ont été retirés et les hauteurs (hauteur totale et hauteur d'eau) ont été mesurées et notées. L'activité émulsifiante est calculée selon la formule suivante :

$$\text{AE} = (\text{He}/\text{Ht}) \times 100$$

Où:

**He**: Hauteur d'eau;

**Ht** : Hauteur totale.

Pour la détermination de la stabilité des émulsions, les tubes ont été conduits au bain marie bouillant. Au terme de cette période, les tubes sont retirés et les nouvelles hauteurs de l'eau ont été notées (He'). La stabilité est calculée selon la formule suivante :

$$SE = (He'/He) \times 100$$

Où:

He: Hauteur d'eau;

He': Nouvelle hauteur d'eau.

#### **III.4.5. Solubilité (So)**

La solubilité a été déterminée selon les protocoles décrits dans le travail de Moraes *et al.* (2017) avec quelques modifications. Une masse d'échantillon a été homogénéisé dans 50 mL d'eau distillée en agitant dans un vortex pendant 30 secondes. La solution est placée dans un tube et centrifugée pendant 5 min à 3 000 tr/min. Des aliquotes du surnageant ont été transférées sur des boîtes de Pétri et pesées (M<sub>0</sub>) et séchées à l'étuve à 105°C pendant 5 h, les boîtes sont pesées à nouveau (M<sub>1</sub>). La solubilité (%) a été calculée comme suit :

$$So = (M_0 - M_1)/M_0 \times 100$$

Où :

M<sub>0</sub>: Poids initial des boîtes de pétri avant séchage;

M<sub>1</sub>: Poids final des boîtes de pétri après séchage.

#### **III.4.6. Masse volumique (MV)**

La MV de la poudre d'arbose a été mesurée selon le protocole décrit par Caparino *et al.* (2012). Une quantité de la poudre d'arbose a été versée librement dans un cylindre gradué en verre de 25 mL (lisible à 1 mL) et l'échantillon a été secoué à plusieurs reprises manuellement en soulevant et en laissant tomber le cylindre sous son propre poids à une distance verticale de 14 ± 2 mm de hauteur jusqu'à ce que la différence de volume soit négligeable. Les mesures ont été effectuées à la température ambiante. Compte tenu de la masse M et du volume apparent V de la poudre, la masse volumique ou densité apparente (Kg/m<sup>3</sup>) a été calculée comme suit :

$$MV (Kg/ m^3) = M/V$$

### **III.4.7. Hygroscopicité**

L'hygroscopicité de la poudre d'arboise a été déterminée selon la méthodologie proposée par Dyab *et al.* (2016). Brièvement, des quantités de la poudre d'arboise ont été placées dans des boîtes de Pétri en verre scellées contenant une solution saturée de NaCl. Les échantillons sont conservés à 25°C pendant 7 jours au terme desquels ont été pesés. L'hygroscopicité (HG) a été déterminée et exprimée en (%) où 1 g d'humidité absorbée pour 100 g de matière sèche (g/100 g).

### **III.4.8. Capacité de gonflement (CG)**

La méthode décrite par Robertson *et al.* (2000) a été utilisée pour la mesure de la CG. Brièvement, une masse (P) de la poudre d'arboise est hydratée et mélangée à un volume connu d'eau distillée dans une éprouvette graduée. Après 18 h d'incubation, le volume final (V) est mesuré. La CG est défini par le rapport du volume (mL) occupé par la farine de lentilles gonflée sur le poids sec initial de celle-ci :

$$CG \text{ (mL/g)} = V / P$$

Où:

V: Volume finale après 18 h;

P: Poids initial de la poudre d'arboise.

### **III.4.9. Activité moussante (AM) et stabilité moussante (SM)**

L'AM et la SM ont été déterminés selon la méthode décrite par Li *et al.* (2018). Une solution aqueuse de la poudre d'arboise a été préparée et agitée à l'aide d'un mélangeur à haute vitesse à température ambiante. L'échantillon résultant a été transféré dans une éprouvette graduée. Le volume du mélange a été enregistré après le fouettage. L'échantillon a été placé pendant 30 minutes (repos) et son volume a été enregistré à nouveau. L'AM et la SM ont été calculés en utilisant les formules suivantes :

$$SM(\%) = \frac{V_3}{V_2} * 100 \quad AM = \frac{V_2 - V_1}{V_1} * 100$$

Où:

V<sub>1</sub>: Volume de la solution d'échantillon initiale (mL);

V<sub>2</sub>: Volume du mélange 0 min après le fouettage (mL);

V<sub>3</sub>: Volume du mélange laissé pendant 30 min après le fouettage (mL).

#### **III.4.10. Concentration minimal de gélification (CMG)**

La CGe est donnée par la concentration minimale gélifiante (CMG) de la poudre de l'arbose selon la méthode décrite par Cheung *et al.* (1998) et Ouazib (2017). Des suspensions (poudre d'arbose + eau distillée) de 4, 8, 12, 14, 16, 18 et 20% sont préparées. Des aliquotes de ces suspensions sont ensuite transférées dans des tubes à essais (avec bouchons) puis placés dans un bain marie bouillant. Après incubation, ces tubes sont transférés dans un bain de glace pendant 1 h, puis renversés. La CMG (%) correspond à la plus faible concentration de la suspension qui permet la formation d'un gel ferme.

#### **III.4.11. Dispersibilité**

Une masse de la poudre d'arbose a été pesée dans un cylindre de 100 mL et le volume est ajusté à 100 mL avec de l'eau distillée. L'ensemble est agité vigoureusement et est laissé au repos pendant 3 h. Le volume (V) de particules décantées a été enregistré est soustrait de 100. La différence est enregistrée en % de dispersibilité.

$$D (\%) = 100 - V$$

### **III.5. Extraction et dosage des antioxydants**

#### **III.5.1. Préparation de l'extrait**

10 g d'échantillon sont additionnés de 200 mL du méthanol pur, suivi d'une agitation pendant 40 min et une filtration afin de récupérer l'extrait méthanolique utilisé pour le dosage des antioxydants et l'évaluation de l'activité antioxydante.

#### **III.5.2. Dosage des antioxydants**

##### **III.5.2.1. Dosage des composés phénoliques**

Le dosage des polyphénols est généralement effectué par une méthode colorimétrique utilisant un spectrophotomètre UV-VIS, en utilisant l'essai de Folin-Ciocalteu, également connu sous le nom d'essai de Folin-Denis. Ce test se base principalement sur la réduction du réactif de Folin dans une solution alcaline.

Le dosage des composés phénoliques a été effectué suivant la méthode décrite Nikavar *et al.* (2008). Brièvement, 200  $\mu$ L d'extrait sont mélangés à 1 mL du réactif Folin Ciocalteu (dilué au 1/10) et incubé à température ambiante. Après 10 min, 800  $\mu$ L de solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (75 g/L) sont ajoutés. La solution finale est bien mélangée et gardée à l'obscurité pendant 2 heures à température ambiante. La réaction est



basée sur la réduction du mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) du réactif de Folin-Ciocalteu en présence de carbonate de sodium rend le milieu légèrement alcalin (Vermerris, 2008), lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ) mélange prend une coloration bleu violacée. L'absorbance est lue à 765 nm et la teneur en composés phénoliques est exprimée en milligramme Équivalent Acide Gallique par 100 g de Matière Sèche (mg EAG/100 g MS) on se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexes I).

#### **III.5.2.2. Dosage des flavonoïdes**

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par une méthode basée sur la formation d'un complexe très stable, entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (Lagnika, 2005).

Le dosage des flavonoïdes a été effectué selon la méthode utilisée par Djeridane *et al.*, 2006). 1 mL d'extrait est mélangé avec 1 mL de chlorure d'aluminium (2 %). Après 15 min, l'absorbance est mesurée à 420 nm et les résultats sont exprimés en milligramme Équivalent Quercétine par 100 g de Matière Sèche (mg EQ/100g MS) on se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec la Quercétine (Annexes I).

#### **III.5.2.3. Dosage des flavonols**

La teneur en flavonols est déterminée selon la méthode de (Djeridane *et al.*, 2006). A 500  $\mu$ L d'extrait sont ajoutés 500  $\mu$ L d'eau distillée, 500  $\mu$ L de chlorure d'aluminium (2%) et 500  $\mu$ L d'acétate de sodium (50g/L). Après 30 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 440 nm. Les concentrations en flavonols ont été exprimées en milligramme Équivalent Quercétine par 100g de Matière Sèche (mg EQ/100g MS) et déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage préparé avec la Quercétine (Annexes I).

#### **III.5.2.4. Dosage des tanins Totaux**

Swain et Hillis (1959) ont décrit cette méthode, qui consiste à réagir la vanilline préparée dans une solution d'acide sulfurique à 70% avec le noyau A des flavan-3-ols ou des flavan-3,4-diols. Cette réaction conduit à la formation d'un produit de condensation de couleur rouge, qui peut être mesuré à l'aide de la spectrophotométrie à une longueur d'onde de 500 nm.

Le protocole consiste à mélanger 1 mL d'extrait avec 2 ml de la vanilline (1 g/ 100 mL d'acide sulfurique 70%). L'ensemble est mélangé, les tubes sont incubés pendant

20 min dans le bain marie à une température de 50°C. La lecture est faite à l'aide d'un spectrophotomètre avec une longueur d'onde égale à 500 nm. Les résultats obtenus sont exprimé en mg Équivalent Cyanidine par 100g de Matière Sèche (mg EC/100g de MS), en utilisant la formule suivante:

$$C \text{ (mg EC/100 g)} = \text{Abs. MM. FD. } 1000/\epsilon$$

**D'où:**

**Abs:** Absorbance à 500 nm;

**MM:** Masse molaire de la cyanidine (287,24 g/mol);

**FD:** Facteur de dilution;

**ε:** Coefficient d'extinction molaire de la cyanidine ( $\epsilon=34\ 700 \text{ L. mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ).

#### **III.5.2.5. Dosage des tanins condensés (proanthocyanidine)**

La teneur en pro anthocyanidines des extraits est déterminée selon la méthode décrite par (Vermerris *et al.*, 2006). Dans un tube à essai mélangé un volume de 2 mL de sulfate de fer et 200 µL d'extrait suivi d'une incubation à 95°C pendant 15 min. L'Absorbance est mesurée à 530 nm et les résultats obtenus sont exprimés en mg Équivalent Cyanidine par 100 g de Matière Sèche (mg EC/100 g MS), sont calculés selon la formule:

$$C \text{ (mg EC/100 g)} = \text{Abs. MM. FD. } 1000/\epsilon.L$$

**D'où:**

**Abs:** Absorbance à 530 nm;

**MM:** Masse molaire de la cyanidine (287,24 g/mol);

**FD:** Facteur de dilution;

**L:** Trajet optique;

**ε:** Coefficient d'extinction molaire de la cyanidine ( $\epsilon=34\ 700 \text{ L. mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ).

#### **III.5.3. Extraction et dosage de la vitamine C**

Le réactif dichlorophénolindophénol (DCPIP) de couleur bleu, devient rose en milieu acide et se réduit en présence de l'acide ascorbique pour donner un composé incolore.

Le dosage d'acide ascorbique est réalisé selon une méthode décrite par (Mau *et al.*, 2005). 5 g d'échantillon est homogénéisé avec 20 mL d'acide oxalique (1%) puis le mélange est agité pendant 30 min et suivi d'une centrifugation à 4500 rpm pendant

15 min. Après filtration, un volume de 3 mL du filtrat sont mélangés avec 1 mL de la solution 2,6- Dichlorophénolindophénol (DCPIP). L'absorbance est mesurée à 515 nm et les résultats sont exprimés en mg Equivalent Acide Ascorbique par 100 g d'échantillon (mg EAA/100 g d'Ech). Les concentrations en acide ascorbique sont déterminées à partir de la courbe d'étalonnage en utilisant l'acide L-ascorbique comme standard (Annexe I).

### **III.5.4. Extraction et dosage des caroténoïdes**

#### **III.5.4.1. Extraction**

Les caroténoïdes sont extraits par la méthode Sass-Kiss *et al.* (2005). 20 mL du mélange hexane: acétone: éthanol (2:1:1 ; (v/v)) sont ajoutés à 10 g de poudre d'arboise; après agitation pendant 30 min, la phase supérieure est récupérée. Une deuxième extraction est réalisée en ajoutant 10 mL d'hexane à la phase inférieure. Le mélange des deux extractions est utilisé pour le dosage des caroténoïdes totaux et du lycopène.

#### **III.5.4.2. Dosage des caroténoïdes totaux**

La mesure de la teneur en caroténoïdes totaux a été réalisée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 450 nm. La concentration est estimée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec le  $\beta$ -carotène (Annexe I) et les résultats sont exprimés en milligramme Équivalent  $\beta$ -Carotène/ 100 g d'échantillon (mg EBC/100 g d'Ech).

#### **III.5.4.3. Dosage du lycopène**

La teneur en lycopène a été estimée par la mesure de l'absorbance à 472 nm, les concentrations sont calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec le lycopène (Annexe I). Les résultats sont exprimés en milligramme Équivalent Lycopène par 100 g d'échantillon (mg EL/100 g d'Ech).

### **III.6. Évaluation du pouvoir antioxydant**

#### **III.6.1. Inhibition du radical DPPH°**

L'activité anti radicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical diphenyl picryl-hydrazyl (DPPH°), par don d'atomes d'hydrogènes ou d'électrons (Molyneux ,2004)

Le protocole utilisé dans cette méthode est celui de (Milardović, Iveković et al. 2006). Il consiste à mélanger 2,9 mL de la solution DPPH° ( $6 \times 10^{-5}$ ) avec 100  $\mu$ L d'extrait; la mesure de la réaction de réduction de la solution du DPPH° a été faite à 515 nm après

30 min d'incubation. Les pourcentages d'inhibition du radical de DPPH° sont calculés selon la formule ci-dessous :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \left[ \frac{\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}}}{\text{Abs}_{\text{Contrôle}}} \right] \cdot 100$$

Où:

**Abs<sub>Contrôle</sub>**: Absorbance du contrôle à 515 nm;

**Abs<sub>Echantillon</sub>**: Absorbance de l'échantillon à 515 nm.

### **III.6.2. Activité antioxydante totale**

Le test du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium repose sur la réduction du molybdate sous la forme Mo<sup>6+</sup> vers la forme Mo<sup>5+</sup> par des substances organiques antioxydantes. En milieu acide, il y a formation d'un complexe phosphate-Mo<sup>5+</sup> qui se traduit par une coloration verte dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (Bougatef *et al.*, 2009). L'évaluation de l'activité antioxydante totale se fait par la mesure de la coloration du complexe molybdène en présence d'antioxydant. A la différence des autres tests, ce test permet non seulement de quantifier l'apport de l'activité antioxydante des polyphénols mais aussi d'autres composés antioxydants tels que les vitamines (C, E...).

L'estimation de l'activité antioxydante avec le réactif de phosphomolybdate a été réalisée en utilisant la méthode de Prieto *et al.* (1999). Elle consiste à ajouter 1 mL du réactif de phosphomolybdate (0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de Molybdate d'ammonium) à 100 µL d'extrait. Après 90 min d'incubation dans le bain marie à 95°C, mesurer l'absorbance à 595 nm. L'activité oxydante totale est exprimée en absorbance à 595 nm.

### **III.6.3. pouvoir réducteur**

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode de Yildirim *et al.* (2001). Le test du pouvoir réducteur repose sur la réduction du fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) du chlorure ferrique fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>) en présence d'un antioxydant; la réaction se traduit par une coloration verte dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (Yildirim *et al.*, 2001).

Le protocole consiste à mélanger 1 ml d'extrait avec 2,5 mL du tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5 mL de ferricyanure de potassium (1%). Le mélange est incubé à 50°C pendant 20 min; 2,5 mL d'acide trichloracétique (10%) sont additionnés au mélange avant d'être centrifugé à 3000 g pendant 10 min. 2,5 mL de surnageant sont mélangés dans

un tube à essai, avec 2,5 mL d'eau distillée et 0,5 mL de chlorure ferrique (0,1%) puis mesuré l'absorbance à 700 nm après 10 min. Le pouvoir réducteur est exprimé en absorbance à 700 nm.

### **III.7. Analyses physico-chimique du lait entier**

Différents analyses physico-chimiques ont été effectuées sur le lait utilisé dans la formulation des yaourts (pH, acidité et extrait sec total).

#### **III.7.1. Détermination du pH**

La mesure du pH du lait est effectuée en immergeant l'électrode du pH-mètre dans un bécher contenant 10 mL du lait. La valeur du pH est ensuite directement affichée sur l'écran du pH-mètre.

#### **III.7.2. Détermination de l'acidité**

L'acidité du lait a été évaluée en effectuant une titration avec de la soude (9N) en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré selon la FIL. L'acidité est exprimée en degrés dornic (D°), ce qui correspond à la quantité d'acide lactique en grammes par litre du lait soit :

$$AC (D) = V \cdot 10$$

Où :

**AC**: Acidité titrable (Degré Dornic),

**V**: Volume de la solution NaOH versé (mL).

#### **III.7.3. Détermination de l'extrait sec total (EST)**

L'évaluation de l'EST permet d'estimer la qualité du lait. Elle est réalisée en séchant une quantité précise de lait dans une étuve à 103°C pendant 5 heures. L'EST est ensuite calculé en mesurant la différence de poids avant et après le séchage, en utilisant les formules suivantes :

$$EST = n' - n$$

ou

$$EST = 100 - H (\%)$$

Où:

**EST**: Extrait Sec Total

**n**: Poids de la capsule vide (g);

**n'**: Poids de la capsule plus le poids du lait (g).

### III.8. Préparation du yaourt

Le lait entier UHT de marque « Condia » utilisé dans la formulation du yaourt a été acheté dans un magasin d'alimentation générale ici à Bejaia. En outre, toutes les étapes de préparations des yaourts ont été réalisées traditionnellement.

#### III.8.1. Etapes de préparation

Les yaourts élaborés (YE et YT) ont été fabriqué selon le diagramme illustré dans la Figure 9.

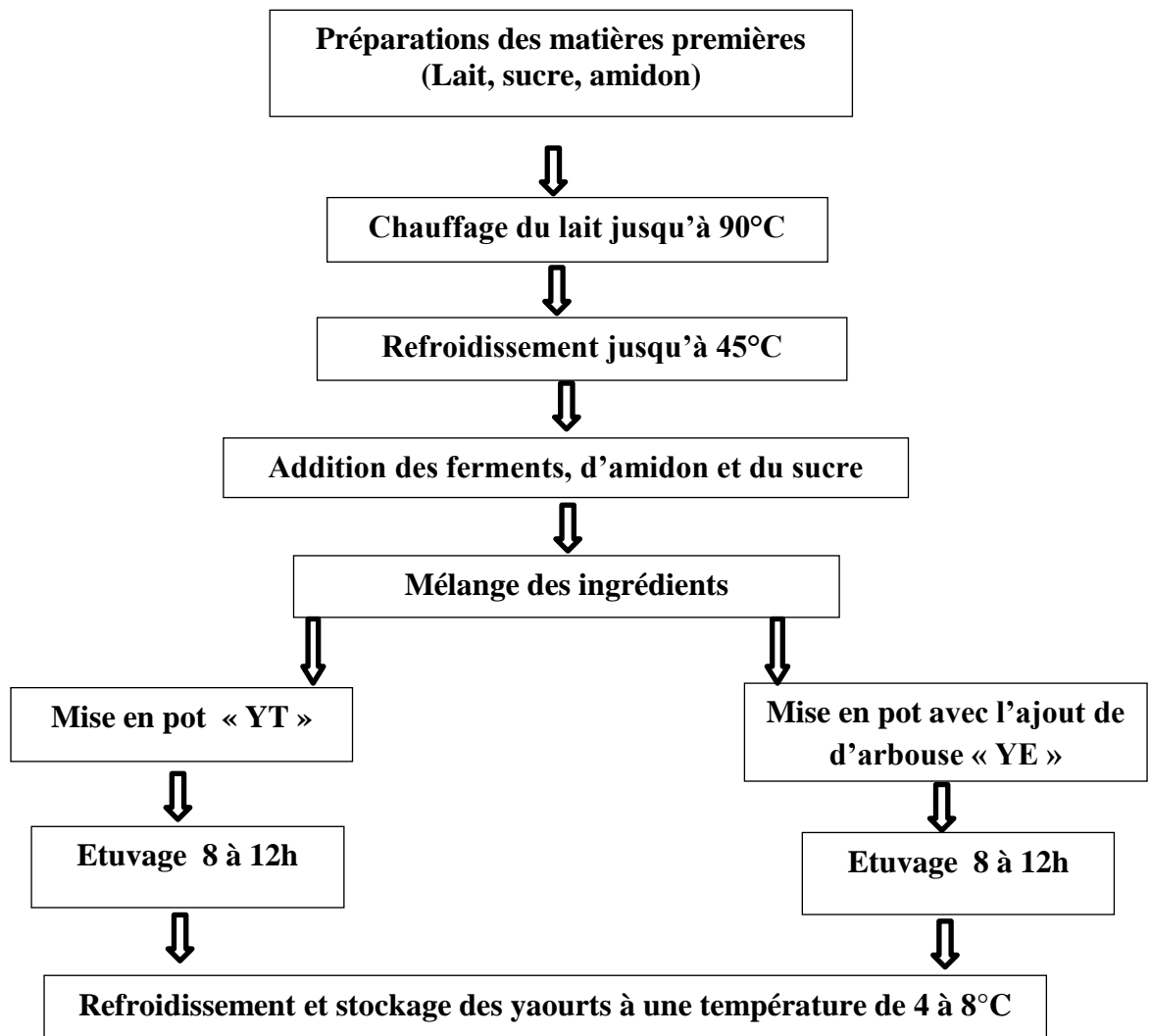


Figure 9: Diagramme de fabrication des yaourts élaborés.

#### III.8.2. Détermination des critères de qualité du produit fini

Les yaourts fabriqués sont ensuite soumis à une série d'analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles.

### **III.8.2.1. Analyses physico-chimiques du yaourt**

#### **III.8.2.1.1. Détermination du pH**

Le pH du yaourt est déterminé en insérant l'électrode d'un pH-mètre dans un bécher contenant le yaourt. La valeur du pH est ensuite affichée directement sur l'écran du pH-mètre et notée (AFNOR, 1982).

#### **III.8.2.1.2. Détermination d'acidité titrable**

L'objectif de cette analyse est de quantifier l'acide lactique présent dans le yaourt produit pendant la fermentation. Le principe repose sur la titration d'une quantité de yaourt avec une solution de soude (0,1 N) en présence d'un indicateur coloré la phénolphtaléine (AFNOR, 1982). L'acidité est exprimée en degré dornic selon la méthode suivante :

$$AC (^{\circ}D) = V' \cdot 10$$

Où :

**AC**: Acidité titrable (Degré Dornic),

**V'**: Volume en millilitre de la solution NaOH versé (mL).

#### **III.8.2.1.3. Détermination d'extrait sec total (EST)**

L'EST est réalisé en séchant une quantité précise de yaourt dans une étuve à 103°C pendant 5 heures (AFNOR, 1982). L'EST est ensuite calculé en mesurant la différence de poids avant et après le séchage, en utilisant les formules suivantes :

$$EST (\%) = (M_1 - M_2 / M_0) \times 100$$

Où :

**M<sub>0</sub>**: Masse de la prise d'essai (g).

**M<sub>1</sub>**: Masse de la capsule + matière fraîche après étuvage (g).

**M<sub>2</sub>**: Masse de la capsule vide (g).

#### **III.8.2.1.4. Mesure de la synérèse**

Les échantillons de yaourt préparés sont conservés à une température de 4 °C. Le volume de lactosérum qui se sépare à la surface du yaourt est mesuré après une période de 15 jours de stockage (Koksoy *et al.*, 2004).

### **III.8.2.2. Analyses microbiologiques**

Les analyses microbiologiques sont réalisées afin de garantir que les yaourts préparés présentent une qualité hygiénique et commerciale supérieure. Ces analyses sont effectuées au laboratoire de microbiologie de la direction du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaia. Le Tableau V récapitule les différents types de micro-organismes recherchés et dénombrés lors de ces analyses.

**Tableau V:** Micro-organismes recherchés dans les yaourts élaborés (JORA, 2017).

<b>Germes recherchés</b>	<b>Milieux utilisés</b>	<b>Température d'incubation</b>	<b>Durée d'incubation</b>
<b>Coliformes Totaux</b>	Gélose VRBL	37°C	24 h
<b>Coliformes Fécaux</b>	Gélose VRBL	40°C	24h
<b>Salmonelles</b>	Gélose Hectoene	37°C	24h
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gélose Chapman	37°C	24h
<b>Levures et moisissures</b>	Gélose Sabouraud	25°C	3 à 5 jours

### **III.8.2.3. Analyses sensorielles**

L'analyse sensorielle a pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits élaborés, de façons objective et qualifiable selon des critères bien définis d'aspect, de texture, de saveur et de goût. Une évaluation sensorielle, peut être un test de préférence ou un test d'acceptabilité, le test de préférence consiste à comparer deux ou plusieurs produits pour choisir le préféré ou pour les ordonner selon la préférence du sujet, alors que le test d'acceptabilité consiste à accorder une note sur une échelle à chacun des produits de l'étude (Schlich *et al.*, 2010).

#### **➤ Préparation des échantillons et codage**

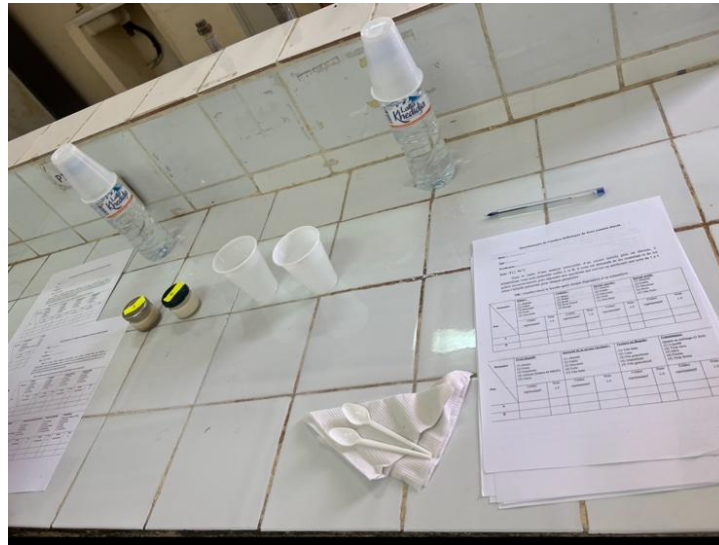
Afin d'évaluer la qualité organoleptique des yaourts élaborés une séance de dégustation a été organisée le 15 et 16 avril, au sein d'un laboratoire de technologie alimentaire de la faculté de technologie. Deux échantillons de yaourts sont formulés et préparés dans les mêmes conditions : yaourt enrichi d'arbose « YE » et le yaourt témoin « YT ».

Les échantillons sont codés: **A (YE)** et **B (YT)** et présentés avec un gobelet d'eau pour jury composé de 140 dégustateurs dont 10 sont des experts et 130 sont des jurys naïfs (Figure 10).



➤ **Recueil des résultats**

Le recueil des résultats est effectué sur une fiche ou questionnaire remplie par chaque dégustateur (Annexe II).



**Figure 10:** Photographie d'évaluation sensorielle.

**III.8.3. Expression des résultats**

Tous les résultats ont été exprimés en moyennes  $\pm$  écart type à l'aide de Microsoft Excel 2013.

*IV. Résultats  
et  
discussion*

## IV. Résultats et discussion

### IV.1. Paramètres physico-chimiques de la poudre d'arbose

#### IV.1.1. pH

Le pH des aliments joue un rôle crucial dans leur capacité à se conserver, car il représente l'un des principaux défis que la flore microbienne doit surmonter pour se multiplier. Par conséquent, un pH situé entre 3 et 6 favorise considérablement la croissance des levures et des moisissures (Brissonnet *et al.*, 1994).

D'après les résultats obtenus, le pH d'arbose est  $4,00 \pm 0,20$  (Tableau VI) ce qui indique que l'arbose est un fruit légèrement acide. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par (Özcan *et al.*, 2007) avec une valeur de  $4,6 \pm 0,1$ . Cependant, González *et al.* (2011) et Ruiz-Rodríguez *et al.* (2011) ont enregistré des valeurs respectives de  $3,50 \pm 0,21$ ,  $3,47 \pm 0,12$  et  $3,43$ . Ces différences constatées dans les valeurs du pH du fruit d'arbose sont dues à une multitude de facteurs notamment la situation géographique, le climat et le stade de maturation du fruit, qui exercent une influence sur les variations observées (Akin, 2008; Messaid, 2008).

**Tableau VI:** Paramètres physico-chimiques du fruit d'arbose (*Arbutus unedo* L.).

Paramètre	Résultat
<b>pH</b>	$4,00 \pm 0,20$
<b>Acidité (%)</b>	$0,96 \pm 0,24$
<b>Humidité (%)</b>	$63,93 \pm 1,35$
<b>Matière sèche (%)</b>	$36,07 \pm 1,36$
<b>Cendres (%)</b>	$2,71 \pm 0,01$
<b>Brix (%)</b>	$7,05 \pm 0,07$
<b>Sucres totaux (%)</b>	$16,09 \pm 0,09$
<b>Sucres réducteurs (%)</b>	$4,87 \pm 0,12$
<b>Sucres non réducteurs (%)</b>	$11,22 \pm 0,21$

#### IV.1.2. Acidité

La mesure de l'acidité titrable fournit des informations sur la concentration des acides organiques contenus dans l'échantillon (Ferhoum, 2010). Les acides organiques sont généralement des composés intermédiaires des processus métaboliques, exercent une influence sur la croissance des micro-organismes et ont un impact sur la qualité de conservation des produits. Ils jouent un rôle direct dans la croissance, la maturation et le

vieillessement des fruits (Al-Farsi *et al.*, 2005). Ces acides influent aussi sur les propriétés sensorielles des fruits (Jadhav *et al.*, 1977).

La valeur de l'acidité titrable de la poudre d'arbose étudiée est de  $0,96 \pm 0,24$  % (Tableau VI) qui est inférieure à celle rapportée par (Marques *et al.*, 2022) avec un taux de  $1,04 \pm 0,10$ %. Inversement, Doukani *et al.* (2015), Anjos *et al.* (2020) et Zitouniet *al.* (2021) on enregistré des valeurs d'acidité inférieures avec des taux de  $0,63 \pm 0,001$ %,  $0,242 \pm 0,001$  et  $0,65 \pm 0,01$  %, respectivement. Cette variation de l'acidité titrable peut être due aussi aux différentes conditions environnementales et pédoclimatiques et/ou au processus de maturation des fruits.

#### **IV.1.3. Détermination de la teneur en eau**

L'eau est un constituant majeur de la plupart des produits alimentaires et joue un rôle important dans la technologie alimentaire. De plus, il est nécessaire de connaître la teneur en humidité pour les calculs de la valeur nutritionnelle des aliments et de savoir l'aptitude de cet aliment à la conservation (Nielsen, 2017).

Le Tableau VI montre que la teneur en eau du fruit d'arbose étudiée est de l'ordre de  $63,93 \pm 1,53$ %. Ce résultat est en accord aux valeurs notés par Rodríguez-Pérez *et al.* (2007) qui ont noté le taux d'humidité du fruit d'arbose oscille entre 46,82 % et 71,89 %. En outre, des résultats proches ont été également notés par Koula *et al.* (2015) et Marques *et al.* (2022) avec des taux respectifs de  $63,33 \pm 0,0282$  %,  $65,69 \pm 1,79$  %. En contraste, les recherches menées par Barros *et al.* (2010) sur l'arbose ont abouti à un taux d'humidité inférieur de l'ordre de  $59,7 \pm 2,67$  %.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la teneur en eau, tels que l'âge de la plante, la phase du cycle végétatif et même des facteurs génétiques (Athamena, 2009). De plus, les variations de la teneur en eau peuvent également être attribuées à diverses conditions environnementales, telles que l'exposition à différentes conditions pédoclimatiques et la répartition géographique (Ruiz-Rodríguez *et al.*, 2011).

#### **IV.1.4. Cendres**

La détermination de la teneur en matière minérale nous renseigne sur la qualité nutritionnelle de l'échantillon analysé. En effet, la teneur en cendres des aliments doit avoir un seuil à ne pas dépasser pour la consommation humaine et animale (Gaouar *et al.*, 2013).

Le taux de cendres obtenu dans le fruit d'arbose étudié est de l'ordre de  $2,71 \pm 0,01$  % (Tableau VI). Ce résultat est très proche au résultat trouvé par Özcan *et al.* (2007) avec taux de  $2,82 \pm 0,124$  %. En revanche, des taux supérieurs ont été notés par Gonzalez *et al.* (2013), Barros *et al.* (2010), Koula *et al.* (2015) et (Bouhanna, 2021) avec des taux respectifs de  $0,56 \pm 0,15$  %, 1,71 %,  $0,68 \pm 0,0141$  % et  $1,53 \pm 0,23$  %.

La variation de la teneur en cendres dans le fruit d'arbose peut s'expliquer par l'origine géographique des échantillons, conditions climatiques et les caractéristiques pédologiques du sol, l'âge de la plante, la période du cycle végétatif, ou encore des facteurs génétiques (Doukani *et al.*, 2015).

#### **IV.1.5. Taux de matière sèche**

Le taux de matière sèche noté dans le fruit d'arbose étudié est de  $36,07 \pm 1,36$  % (Tableau VI). Cette valeur est inférieure à celle rapportée par Bouhanna (2021) et Orak *et al.* (2011) qui ont noté des taux respectifs de  $40,26 \pm 1,20$  % et  $43,84 \pm 1,07$ %. De plus, Šic Žlabur *et al.* (2020) on noté que le taux de matière sèche du fruit d'arbose varie entre 28,53 % et 44,89 %. Ces enregistrements dans le taux de matière sèche du fruit d'arbose peuvent s'expliquer différences par des variations des conditions environnementales, la situation géographique et/ou la période de récolte.

#### **IV.1.6. Brix**

L'indice de réfraction est défini comme le rapport entre le déplacement du faisceau lumineux dans une solution par rapport à celui dans l'eau pure. Lorsque la solution est plus concentrée en sucre, la réfraction de la lumière augmente, ce qui se traduit par des valeurs plus élevées pour l'indice de réfraction et le degré Brix.

Selon les résultats présentés dans le Tableau VI, la valeur du Brix obtenue est de  $7,05 \pm 0,07$  % qui est similaire à celle trouvée par Šamec *et al.* (2016) avec un taux de 7,63 %. En outre, cette valeur est significativement plus faible que celles enregistrées dans le fruit d'arbose par Cavaco *et al.* (2007), Fonseca *et al.* (2015), Bouhanna (2021) et Baleiras-Couto *et al.* (2022) et Marques *et al.* (2022) avec des taux de 12 à 23%,  $22,4 \pm 0,3$  %,  $27 \pm 1,8$  %, 19,8 % et 23%, respectivement. Cependant, Wang *et al.* (2021) ont noté un taux supérieur avec un pourcentage de 11,92 %.

Le taux de Brix peut être influencé par plusieurs facteurs, tels que la variété spécifique du fruit, le stade de maturité au moment de la récolte, les conditions de culture (climat, sol, fertilisation, irrigation, etc...), ainsi que les pratiques de pots-récolte. Chacun de ces facteurs peut avoir un impact sur la composition chimique du fruit, y compris sa

teneur en sucres. La variété du fruit peut jouer un rôle majeur, car différentes variétés peuvent avoir des profils de maturité et de composition chimique distincts. Certaines variétés peuvent être naturellement plus sucrées que d'autres, ce qui se reflète dans une valeur de Brix plus élevée. Les fruits récoltés à un stade de maturité avancé ont généralement une teneur en sucre plus élevée, ce qui se traduit par une valeur de Brix plus élevée. En revanche, les fruits récoltés prématurément peuvent présenter une teneur en sucre plus faible et donc une valeur de Brix plus basse. En outre, les conditions de culture, telles que le climat, le sol et les pratiques agronomiques, peuvent influencer la disponibilité des nutriments pour les plantes, leur capacité à synthétiser des sucres et à accumuler des composés solubles, ce qui peut affecter la teneur en sucre et donc le Brix des fruits (Cavaco *et al.*, 2007).

#### **IV.1.7. Sucres totaux**

Le fruit d'*Arbutus unedo* L. contient un taux de sucres totaux de  $16,09 \pm 0,09$  % (Tableau VI). Des résultats similaires ont été trouvés par Ruiz-Rodríguez *et al.* (2011) qui ont noté le taux de sucres totaux du fruit d'arboise est de  $16 \pm 0,004$  %. Cependant, Masmoudi *et al.* (2020), Barros *et al.* (2010) et Ait Lhaj *et al.* (2021) ont enregistré des teneurs en sucres totaux du fruit d'arboise avec des taux respectifs de  $47,00 \pm 1,00$  %,  $40,55 \pm 1,62$  % et  $57,79 \pm 0,19$  %. Inversement, Koula *et al.* (2015) ont obtenu une teneur en sucres avec un taux inférieure au résultat enregistré dans le fruit d'arboise étudiée ( $9,68 \pm 0,133$  %).

Différents facteurs peuvent contribuer aux variations de la teneur en sucres totaux dans le fruit d'*A.unedo* : l'âge de la plante, la quantité de fruits présents sur l'arbre (la charge), le stade de maturation du fruit et son état physiologique lors de l'analyse (Ayaz *et al.*, 2000). Plusieurs auteurs ont observé que la teneur en sucres peut varier en fonction de la variété du fruit, de son origine géographique et des conditions de stockage. Ces facteurs ont été identifiés comme des facteurs ayant une influence sur les niveaux de sucres présents dans les fruits d'*Arbutus unedo* (Nixon *et al.*, 1978; Sawaya, Khalil *et al.*, 1983).

D'autres facteurs, tels que la durée d'exposition au soleil, la disponibilité en eau, la composition minérale du sol, les pratiques d'irrigation et de fertilisation, peuvent également avoir une incidence sur les niveaux de sucres présents dans les fruits. Ces éléments environnementaux et agronomiques peuvent jouer un rôle significatif dans la régulation du métabolisme des sucres dans les fruits d'arboise, ce qui peut se traduire par des variations dans leur teneur en sucres (Dorai *et al.*, 2001). Cependant, il est important de noter que la

teneur en sucres peut également varier d'une récolte à l'autre en raison de changement des facteurs environnementaux, de la génétique des plantes et des conditions spécifiques de culture.

Selon les résultats de notre étude, les fruits d'arboise présentent des niveaux significatifs de sucres, qui apportent des calories et contribuent aux arômes agréables des fruits. En effet, la concentration élevée de sucres dans les fruits joue un rôle important dans la prévention de la croissance bactérienne dans les confitures et les gelées. Les sucres à haute concentration agissent comme des agents antimicrobiens, ce qui aide à prolonger la durée de conservation de ces produits (Saadoudi, 2008).

#### **IV.1.8. Sucres réducteurs**

La teneur en sucres réducteurs du fruit étudié est de  $4,87 \pm 0,12$  % (Tableau VI). Ce résultat inférieur aux résultats trouvés par Orak, Aktas *et al.* (2011) ( $9,97 \pm 0,53$  %), González *et al.* (2011) ( $15,66 \pm 1,20$  %), Koula *et al.* (2015) ( $7,27 \pm 0,22$  %) et Doukani *et al.* (2015) ( $6,98 \pm 1,024$  %). Le stade de maturation, la température, la durée d'exposition au soleil et les conditions climatiques, peuvent expliquer la variation des niveaux des sucres réducteurs enregistrés dans le fruit d'arboise (Ulloa *et al.*, 2015).

#### **IV.2. Screening phytochimique**

Les résultats des tests phytochimiques sont résumés dans le Tableau VII. Ces tests indiquent la présence de quelques classes de composés bioactifs dans la poudre d'arboise à savoir: tanins totaux, glucosides, anthocyanes, mucilages, terpénoïdes, iridoïdes, quinones libres et des composés réducteurs. Ces résultats sont en accord aux résultats trouvés par El Cadi *et al.* (2020) qui ont noté la présence de quelques composés bioactifs dans l'arboise (*Arbutus unedo* L.) tels que les tanins, anthocyanes et glucosides.

**Tableau VII:** Screening phytochimique de poudre du fruit d'arboise (*Arbutus unedo* L.).

<b>Composés</b>	<b>Fruit d'arboise (<i>Arbutus unedo</i> L.)</b>
<b>Tanins Totaux</b>	+
<b>Anthocyanes</b>	+
<b>Glucosides</b>	+
<b>Mucilages</b>	+
<b>Iridoïdes</b>	+
<b>Terpénoïdes</b>	+
<b>Quinones libres</b>	+
<b>Composés réducteurs</b>	+
<b>Amidon</b>	-

(-): Absence; (+): Présence

En outre, cette étude a montré aussi une absence remarquée de l'amidon alors que contrairement à ce qui a été signalé dans l'étude menée par Belfekih *et al.* (2017). La teneur en métabolites secondaires du fruit *Arbutus unedo* L. varie au cours des mois de l'année et influencé par plusieurs facteurs comme les conditions climatiques telles que la température élevée, l'exposition solaire et la sécheresse (Maleš *et al.*, 2006), ainsi que la salinité du sol, peuvent avoir un impact sur la biosynthèse des métabolites secondaires en les stimulant ou en les inhibant (Falleh *et al.*, 2008).

**IV.3. Propriétés fonctionnelles de poudre d'arbose**

L'objectif de ces tests est de simuler l'incorporation potentielle de la poudre d'arbose dans des produits alimentaires finis contenant une quantité significative d'eau ou d'huile, tels que des jus, des yaourts, des compotes... etc. Les résultats obtenus pour les propriétés fonctionnelles de la poudre d'arbose sont présentées dans le Tableau VIII.

**Tableau VIII:** Propriétés fonctionnelles de la poudre d'arbose (*Arbutus unedo* L.).

<b>Propriété</b>	<b>Moyenne ± Ecartype</b>
<b>So (%)</b>	38,90 ± 1,03
<b>D (%)</b>	65,00 ± 1,41
<b>HG (%)</b>	1,24 ± 0,01
<b>CAE (%)</b>	143,33 ± 5,77
<b>CAH (%)</b>	160,00 ± 26,45
<b>CALE (%)</b>	196,67 ± 5,77
<b>CALPE (%)</b>	173,33 ± 5,77
<b>RHL</b>	0,91 ± 0,14
<b>AM (%)</b>	33,89 ± 0,16
<b>SM (%)</b>	74,69 ± 0,09
<b>AE (%)</b>	51,09 ± 1,54
<b>SE (%)</b>	30,59 ± 4,83
<b>CG (mL/g)</b>	2,22 ± 0,09
<b>CMGe (%)</b>	4,00 ± 0,00
<b>MV(kg/m3)</b>	588,24 ± 0,00

*So:* Solubilité; *D:* Dispersibilité; *HG:* Hygroscopicité; *CAE:* Capacité d'Absorption d'Eau; *CAH:* Capacité d'Absorption d'Huile; *RHL:* Rapport Hydrophile/Lipophile; *CALE:* Capacité d'Absorption du Lait Entier; *CALPE:* Capacité d'Absorption du Lait Partiellement Ecrémé; *AM :* Activité Moussante; *SM:* Stabilité Moussante; *AE:* Activité Emulsifiante; *SE:* stabilité de l'Emulsion; *CG:* Capacité de Gonflement; *CGe:* Capacité de Gélification.

**IV.3.1. Solubilité (So) et hygroscopicité (HG)**

Les valeurs de la So et l'HG enregistrées pour la poudre d'arbose sont respectivement 38,90 ± 1,03 % et de 1,24 ± 0,01 % (Tableau VIII). Ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par Dyab *et al.* (2016) pour la poudre de mangue, où une hygroscopicité supérieure à 8 % et une solubilité supérieure à 80% ont été observées. Ces



auteurs ont attribué cette solubilité élevée à la présence de fructose, qui a une solubilité plus élevée que les autres sucres et absorbe l'humidité plus rapidement, tout en la libérant plus lentement dans l'environnement par rapport au saccharose, au glucose ou à d'autres nutriments. Par conséquent, il est possible de conclure que les sucres simples tels que le fructose et le glucose sont soit absents de l'arbose, soit présents en très faibles quantités.

#### **IV.3.2. Dispersibilité**

La dispersibilité est associée à la taille fine des particules (Kulkarni *et al.*, 1991). Par ailleurs, plus le pourcentage de la dispersibilité est élevé, plus la farine ou la poudre a une grande capacité de se reconstituer dans l'eau pour donner une pâte fine et cohérente (Abrogoua, 2016).

D'après les résultats obtenus, la dispersibilité de la poudre d'arbose est de  $65,00 \pm 1,41\%$  (Tableau VIII). Ce résultat est inférieur aux résultats obtenus par Ghasemzadeh *et al.* (2011) dans leur étude portée sur un mélange de la farine de lentilles et du blé et la farine de lentilles et du riz avec des pourcentages de 72,00 % et 78 %, respectivement.

#### **IV.3.3. Capacité d'absorption en eau (CAE)**

La CAE peut influencer les propriétés sensorielles des aliments préparés. Une poudre avec une capacité élevée d'absorption en eau peut contribuer à une texture plus moelleuse, juteuse ou crémeuse, ce qui peut améliorer la perception sensorielle globale du produit. Par exemple, dans les produits de boulangerie tels que les pains, les gâteaux ou les biscuits, une bonne absorption d'eau peut aider à obtenir une texture plus tendre et une sensation en bouche agréable (Okpala *et al.*, 2013). La poudre d'arbose présente une CAE de  $143,33 \pm 5,77\%$  (Tableau VIII) qui est supérieure à celle rapporté par (Rani *et al.* (2014) et qui ont noté des taux variant de 117 à 128 % dans les poudres de lentilles. Une poudre alimentaire présentant une CAE relativement élevée est un ingrédient fonctionnel adapté aux produits nécessitant une viscosité optimale. Cela s'applique notamment aux soupes, aux sauces, aux produits laitiers tels que les yaourts et les fromages, ainsi qu'aux produits alimentaires prêts à consommer (Dan *et al.*, 2017).

#### **IV.3.4. Capacité d'absorption d'huile (CAH)**

La CAH est la capacité de la poudre à absorber l'huile, ce qui est important car l'huile agit comme un arôme retenue et améliore la sensation dans la bouche.

La poudre d'arbose présente une CAH de  $160,00 \pm 26,45\%$  (Tableau VIII). Ce résultat est proche de celle rapporté par Shafi *et al.* (2016) pour la farine du blé avec un

taux de 140 %. Cependant, ce résultat est supérieur à celui rapporté par Rani *et al.* (2014) sur six variétés de lentilles d'Inde avec un pourcentage de 108 à 118 %. Selon Sangnark *et al.* (2004), les modifications des propriétés de rétention d'huile peuvent être attribuées à des changements dans la structure physique du produit. De plus, les méthodes de transformation des aliments ont un impact sur la configuration et l'hydrophobicité des protéines.

#### **IV.3.5. Capacité d'absorption de lait entier et partiellement écrémé « CALE » et « CALPE »**

Les résultats obtenus montrent que la poudre d'arbose présente une CALE et une CALPE avec des taux respectifs de  $196,67 \pm 5,77$  % et  $173,33 \pm 5,77$  % (Tableau VIII). Ces résultats suggèrent que la poudre d'arbose peut être avantageusement utilisée dans la préparation de produits instantanés tels que des boissons, des confitures, des desserts et des produits laitiers, tels que le yaourt ou les produits enrichis. Il convient de noter qu'aucune étude n'a été réalisée pour déterminer les propriétés de la poudre de fruit d'arbose.

#### **IV.3.6. Rapport hydrophile-lipophile (RHL)**

Le rapport hydrophile-lipophile est utilisé pour évaluer l'affinité relative des farines ou poudres envers l'eau et l'huile. Ce rapport permet de comparer la capacité des poudres à interagir avec ces deux substances. Il donne une indication sur la préférence de la farine pour l'eau ou l'huile, en termes d'interaction et de comportement dans des mélanges ou des systèmes émulsionnés. Les résultats indiqués dans le Tableau VIII valeur du RHL obtenue pour la poudre d'arbose est inférieure à 1 qui est 0,91 ce qui indique que la poudre a plus d'affinité pour l'huile que pour l'eau.

#### **IV.3.7. Activité moussante (AM) et stabilité moussante (SM)**

Une mousse est une structure dans laquelle des bulles de gaz sont uniformément dispersées dans une phase continue composée à la fois d'eau et de matières grasses, Les protéines jouent un rôle de stabilisation similaire dans les mousses que dans les émulsions (Farooq *et al.*, 2011). D'après les résultats présentés dans le Tableau VIII l'AM et la SM de la poudre d'arbose sont 33,89 % et 74,69 %, respectivement. Ces résultats sont proches à ceux trouvés par Kaur *et al.* (2010) sur la poudre de lentille avec des valeurs de 33,9 % (AM) et 47,3 % (SM).

Lors du processus de moussage, les protéines se déplacent vers l'interface entre l'air et l'eau, se réorganisent et s'agglomèrent de manière similaire à ce qui se produit dans les

émulsions. Elles forment ainsi un film interfacial autour des bulles d'air, capturant les bulles de gaz. Ce mécanisme de stabilisation empêche la mousse de s'effondrer immédiatement après sa formation et, parfois, pendant son stockage (Khazaei *et al.*, 2019)

#### **IV.3.8. Activité émulsifiante (AE) et stabilité de l'émulsion (SE)**

L'AE de la poudre d'arboise est de  $51,09 \pm 1,54\%$  (Tableau VIII) qui est supérieure aux résultats rapportés par Amina *et al.* (2018) et Chew *et al.* (2014) pour la farine de gland ( $41,28 \pm 0,02 \%$ ) et la farine de blé ( $38,38 \%$  à  $48,65 \%$ ), respectivement. En outre, ce résultat est inférieur au pourcentage noté dans la farine de lentilles ( $54,1 \%$ ) étudiée par (Bora, 2002).

Le pourcentage de stabilité de l'émulsion de la poudre d'arboise enregistré est de  $30,59 \pm 4,83\%$  (Tableau VIII). Ce dernier est inférieur aux résultats rapporté par Bora (2002) qui est ( $52,2 \%$ ) pour la farine de lentilles. Ces variations peuvent être attribuées aux différences entre les échantillons analysés et aux techniques d'analyses utilisées.

#### **IV.3.9. Capacité de gonflement (CG)**

Le pouvoir de gonflement d'une pâte renseigne sur sa capacité à s'étendre, ce qui permet d'évaluer son aptitude à retenir le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) (Sakr and Moussa 2007).

La poudre d'arboise présente une CG de  $2,22 \pm 0,09 \text{ mL/g}$  (Tableau VIII). Cette valeur est proche à celle trouvée par Kohajdová *et al.* (2013) dans leur étude sur de farine de lentille de Slovaquie ( $2,90 \text{ cm}^3/\text{g}$ ). De même, la CG enregistrée pour la poudre d'arboise se situe entre celle de la farine de blé ( $2,05 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) et celle de la farine de haricot blanc ( $3,00 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) notée par Kohajdová *et al.* (2013). D'après Chandra *et al.* (2015), la capacité de gonflement des farines est influencée par plusieurs facteurs, tels que la taille des particules, les variétés utilisées et les méthodes de traitement ou d'opérations unitaires employées.

En outre, une étude menée par Rani *et al.* (2014) a révélé une valeur moyenne de  $4,77 \%$ . En revanche, (Romero *et al.*, 2019) ont observé une CG très élevée de  $9,6 \text{ g/g}$  dans la farine de blé. L'augmentation des capacités de gonflement des différentes farines est attribuée à la libération des liaisons à l'intérieur des granules, provoquée par l'élévation de la température. Cela entraîne l'absorption d'eau par les granules, ce qui permet leurs gonflements. Ces conclusions sont en accord avec celles rapportées par Awuchi *et al.* (2019); Benmeziane-Derradji *et al.* (2020).

### **IV.3.10. Capacité de gélification (CGe)**

La CGe est une propriété fonctionnelle essentielle dans la transformation des aliments. Elle se réfère à la capacité des protéines et des amidons à former un réseau tridimensionnel qui résiste à l'écoulement sous pression. La concentration minimale de gélification (LGC), qui correspond à la concentration la plus faible permettant la formation d'un gel, est souvent utilisée comme indicateur de la capacité de gélification des protéines alimentaires (Boye *et al.*, 2010).

Les résultats obtenus mentionnés dans le Tableau VIII révèlent que la CGe de la poudre d'arbose est atteinte à un taux de  $4,00 \pm 0,00$  %. Cette dernière est inférieure aux résultats obtenus par Ettoumi *et al.* (2015), Dans leur étude, une formation de gel a été observée à 8% de la farine de pois chiche et à 12% des lentilles et des pois. De plus, la CGe notée par Rani *et al.* (2014) pour les farines de différentes variétés de lentilles varient entre 11,30 % et 12,83 %.

## **IV.4. Antioxydants**

### **IV.4.1. Polyphénols**

La teneur en polyphénols de l'extrait méthanolique du fruit d'arbose (*Arbutus unedo* L.) est de  $2771,56 \pm 258,07$  mg GAE/100 g MS (Tableau IX). Cette dernière est proche aux résultats trouvés par Zitouni *et al.* (2022) ( $25,37$  mg GAE/g). Cependant, plusieurs autres auteurs ont rapporté des taux supérieurs dans le fruit d'arbose Barros, Carvalho *et al.* (2010); Kachkoul, Houssaini *et al.* (2018); El Cadi *et al.* (2020); Laouicha *et al.* (2020); Masmoudi *et al.* (2020) et Bertsouklis *et al.* (2021) avec des taux de  $108,41 \pm 9,29$  mg GAE/g d'Ech,  $836,51 \pm 90,54$  mg GAE/g d'Ech,  $126,83$  mg GAE/g d'Ech,  $95,83 \pm 2,083$  mg GAE/g d'Ech,  $240 \pm 20$  mg GAE/g d'Ech et  $60,16$  mg GAE/g d'Ech, respectivement.

**Tableau IX** : Teneurs en polyphénols, flavonoïdes et flavonols du fruit d'arbose  
(*Arbutus unedo* L.)

<b>Antioxydants</b>	<b>Teneur <math>\pm</math> Ecartype</b>
<b>Polyphénols (mg GAE/100 g MS)</b>	$2771,56 \pm 258,07$
<b>Flavonoïdes (mg EQ/100g MS)</b>	$1917,34 \pm 29,88$
<b>Flavonols (mg EQ/100 g MS)</b>	$504,72 \pm 14,04$

En outre, la teneur en composés phénoliques notée dans l'échantillon d'arbose analysé est plus élevée que celles enregistrées par Fortalezas *et al.* (2010); Ruiz-Rodríguez *et al.* (2011); Koula *et al.* (2015) avec des taux respectifs de  $21,13 \pm 0,003$  mg GAE/g

d'Ech,  $19,73 \pm 0,151$  mg GAE/g d'Ech et  $16,46 \pm 3,66$  mg GAE/g d'Ech. En revanche, Šic Žlabur *et al.* (2020) ont enregistré un taux de polyphénols de  $6,37$  mg GAE/g d'Ech qui est largement inférieur au résultat noté dans l'échantillon analysé.

Selon Aganga *et al.* (2001) et Doukani *et al.* (2015), plusieurs facteurs peuvent expliquer les différences entre les résultats, notamment la méthode d'extraction utilisée (choix du solvant, quantité de fruit séché macéré, etc.), le moment de la récolte, les conditions climatiques et la région étudiée. Ces variables peuvent avoir une influence significative sur la teneur en polyphénols dans le fruit d'arbose. Les polyphénols sont susceptibles de varier en fonction du stade de maturation des fruits. Par conséquent, choisir la période de récolte appropriée peut avoir un impact sur les niveaux de polyphénols mesurés.

De plus, le climat et la région géographique peuvent influencer la composition chimique des plantes, y compris la teneur en polyphénols. Les conditions environnementales, telles que l'exposition au soleil, la température et les caractéristiques du sol, peuvent affecter la biosynthèse des polyphénols. Enfin, La durée de stockage est également un facteur qui peut avoir un impact sur la teneur en polyphénols car elle peut entraîner des changements dans les teneurs en polyphénols des fruits et qui peuvent généralement diminuer avec le temps en raison de leurs dégradations ou oxydation (Pavlović *et al.*, 2011).

#### **IV.4.2. Flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont des antioxydants naturels présents dans de nombreux aliments végétaux. Ils jouent un rôle important dans la protection des plantes contre les dommages causés par les radicaux libres et peuvent également apporter des bienfaits pour la santé humaine. Les flavonoïdes sont associés à divers effets positifs, tels que des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses et cardio-protectrices (Maleš *et al.*, 2006).

La teneur en flavonoïdes enregistrée dans le fruit d'arbose étudié est de  $1917,34 \pm 29,88$  mg EQ/100g MS (Tableau IX). Ce taux est supérieur à celui noté par Saral *et al.* (2017) qui est de l'ordre de  $6,17$  mg EQ/g MS. En outre, Andrade *et al.* (2009), Tenuta *et al.* (2020); Bouhanna (2021); Laouicha *et al.* (2020) et Bertsouklis *et al.* (2021) ont trouvé des concentrations en flavonoïdes supérieures dans le fruit d'arbose avec des concentrations respectives de  $30,30$  mg EQ/g MS,  $29,12$  mg EQ/g MS,  $53,99$  mg EQ/g MS,  $29,12$  mg EQ/g MS,  $53,99$  mg EQ/g MS et  $20,51$  mg EQ/g MS.

#### **IV.4.3. Flavonols**

Les flavonols sont des composés bioactifs bénéfiques présents dans de nombreux aliments d'origine végétale et sont connus pour leurs propriétés antioxydantes.

La Tableau IX montre le fruit d'arbose contient un taux de flavonols de  $504,72 \pm 14,04$  mg EQ/100 g MS. Ce résultat est supérieur aux résultats enregistrés par Bertsouklis, *et al.* (2021), Touzania *et al.* (2022), Salam *et al.* (2020) avec des taux de  $1,78 \pm 0,21$  mg/g,  $108,11 \pm 0,51$  mg EQ/100 g et  $380,25$  mg/100 g, respectivement.

Les différences notées dans les teneurs en flavonoïdes et en flavonols par rapport aux résultats enregistrés sont probablement dues aux différences variétales, conditions géographiques et aux différences dans les méthodes d'extraction et/ou de dosage.

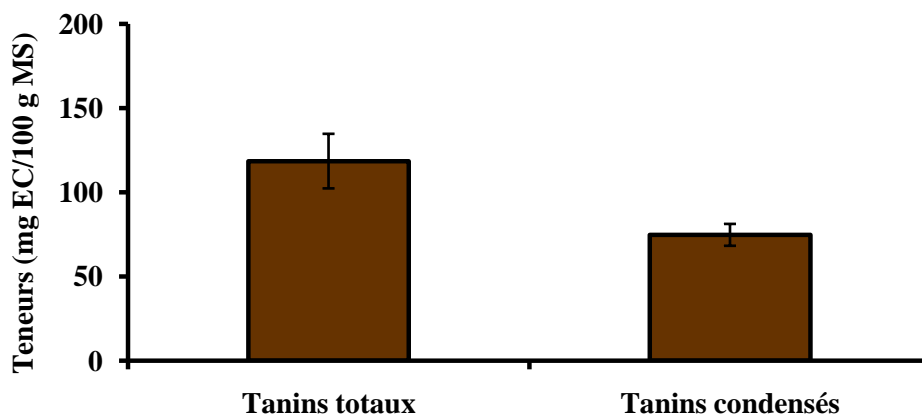
#### **IV.4.4. Tanins totaux et Tanins condensés**

Les tanins totaux représentent la quantité globale de tous les tanins présents, tandis que les valeurs des tanins condensés se concentrent spécifiquement sur la quantité de tanins condensés présents dans un échantillon. La principale différence qui existe entre les tanins totaux et les tanins condensés réside dans leurs structures chimiques et leurs modes de polymérisation. Les tanins condensés, également appelés proanthocyanidines, sont largement présents dans les plantes ligneuses. Ils sont formés par la condensation de composés phénoliques simples et présentent une diversité de structures moléculaires. Leurs teneurs peuvent varier en fonction de la méthode utilisée, de la spécificité de la réaction et l'étalons de référence utilisé (Zitounii *et al.*, 2020)

Les résultats enregistrés sur la teneur en tanins totaux et condensés révèlent que le fruit d'arbose (*Arbutus unedo* L.) est une source importante de ces composés (Figure 11).

Les teneurs en tanins totaux et condensés notés le fruit d'arbose sont respectivement  $118,54 \pm 16,20$  mg EC/100g MS et  $74,72 \pm 6,50$  mg EC/100g MS. Aucun résultat n'a été rapporté dans la littérature sur la teneur en tanins totaux du fruit d'arbose. Cependant, le taux de tanins condensés enregistré est supérieur aux résultats trouvés par Gulenet *al.*( 2012) avec un taux de  $0,315 \pm 3,12$  mg EC/100g

Par ailleurs Alarcão-E-Silva *et al.* (2001) ont rapporté une teneur en tanins condensés de 0,175 %, telles que celle de Özcan *et al.* (2023) avec une teneur de  $5,13 \pm 0,03$  mg EC/100g, Bouhanna (2021) avec une teneur de  $11,88 \pm 1,26$  mg EC/100g et Bertsouklis *et al.* (2021) avec une teneur de  $44,15 \pm 1,62$  mg EC/100g.



**Figure 11:** Teneurs en tanins totaux et condensés du fruit d'arboise (*Arbutus unedo* L.).

Les teneurs en tanins totaux et condensés sont exprimées en milligramme Équivalent Cyaninidine 3-Glucoside par 100g de Matière Sèche (mg EC/100 g MS).

#### IV.4.5. Vitamine C

La vitamine C aussi connue sous le nom d'acide ascorbique, est probablement la vitamine la plus populaire. Dans les industries alimentaires, cet ingrédient ou additif est largement utilisé grâce à ses propriétés antioxydantes. Il joue plusieurs rôles essentiels tels que l'inhibition du brunissement enzymatique en réduisant les o-quinones et la protection des composants oxydables. De plus, il est réputé pour ses effets intra-articulaires et sa capacité à réduire les métaux de transition (Willcox *et al.*, 2003). L'acide ascorbique possède des propriétés antioxydantes et métaboliques essentielles tant chez les végétaux que chez les animaux. Il agit efficacement en tant que piègeur des radicaux libres et peut protéger différents substrats biologiques (les protéines, les acides gras et l'ADN) de l'oxydation en neutralisant les espèces réactives de l'oxygène Buxeraud *et al.* (2021)

La teneur en vitamine C du fruit d'arboise (*Arbutus unedo* L.) est de  $6,79 \pm 0,22$  mg EAA/100g MS. Cette valeur est proche à celle enregistrée par Pallauf *et al.* (2008) avec un taux de  $5,05 \pm 0,14$  mg /100g. Cependant, des teneurs supérieures de l'ordre 56,58 mg/100 g, 182,4 mg/100 g, 89 mg/100 g et 58 mg/100g ont été obtenus par Ruiz-Rodríguez *et al.* (2011), respectivement. La teneur en vitamine C varie selon le type et les variétés de fruits utilisées, les facteurs génétiques et les conditions environnementales. En outre, la période de collecte et le niveau de maturation des fruits, l'origine géographique et les différents traitements posts-récolte sont des facteurs importants pour les différences observées (Koula *et al.*, 2015). En conclu donc que le fruit d'arboise est une excellente

source d'antioxydants en particulier en vitamine C, ce qui signifie que l'arbose est un aliment fonctionnel ou un ingrédient potentiel pour les aliments fonctionnels.

#### **IV.4.6. Caroténoïdes totaux**

Les caroténoïdes sont parmi les groupes de pigments naturels les plus importants en raison de leur distribution répandue. Une augmentation de la consommation de ces composés a été associée à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires et de cancers (Plaza *et al.*, 2011).

La teneur en caroténoïdes enregistrée dans le fruit d'arbose étudié est de  $283,34 \pm 3,48$   $\mu\text{g E}\beta\text{C}/100$  g MS (Tableau X). Cette dernière est inférieure aux résultats obtenues par Özcan *et al.* (2023), Gulen (2012) avec des taux respectifs de  $4,34 \pm 0,05$   $\mu\text{g/g}$  et  $2,13 \pm 0,01$  mg/g. Selon Nicoli *et al.* (1999), les variations observées dans la teneur en caroténoïdes peuvent être attribuées à divers facteurs tels que la méthode d'extraction, l'origine géographique de l'échantillon, ainsi que le degré de maturité et les conditions de stockage.

**Tableau X:** Teneurs en caroténoïdes et lycopène du fruit d'arbose  
(*Arbutus unedo* L.).

<b>Antioxydants</b>	<b>Teneur <math>\pm</math> Ecartype</b>
<b>Caroténoïdes (<math>\mu\text{g E}\beta\text{C}/100</math> g MS)</b>	$283,34 \pm 3,48$
<b>Lycopène (<math>\mu\text{g EL}/100</math> g MS)</b>	$117,00 \pm 1,88$

#### **IV.4.7. Lycopène**

Le lycopène est un caroténoïde naturellement présent dans les plantes, qui agit comme un puissant piègeur d'oxygène singulet et de radicaux libres dans le corps. Cependant, tout comme les autres caroténoïdes, le fruit d'arbose ne peut pas être considéré comme une source importante en lycopène.

La teneur en lycopène enregistrée dans le fruit d'arbose étudié est de l'ordre de  $117,34$   $\mu\text{g EL}/100$  g MS (Tableau X) est proche au résultat trouvé par Tounsia (2015) avec un taux de  $0,153$  mg EL/100 g MS. Cependant, un taux inférieur est noté par Ruiz-Rodríguez *et al.* (2011) qui est  $0,209 \pm 0,073$  mg/100 g et une concentration supérieure enregistrée par Šic Žlabur *et al.* (2020) ( $0,31 \pm 0,001$  mg/g FW). La stabilité du lycopène dans les produits alimentaires est influencée par le profil de ses isomères, la composition de la matrice végétale, la température et la durée du traitement. En revanche, l'isomérisation thermique du lycopène est connue pour améliorer sa biodisponibilité à partir d'une matrice alimentaire (Mayeaux *et al.*, 2006).



## IV.5. Activité antioxydante

### IV.5.1. Activité antiradicalaire DPPH

Le radical DPPH<sup>o</sup>, en raison de sa stabilité et de sa simplicité d'analyse, est couramment utilisé pour évaluer l'activité antioxydante des extraits végétaux (Sharififar *et al.* 2009). De nombreuses études soutiennent que la capacité de neutralisation du radical DPPH est un indicateur fiable du potentiel antioxydant. Les variations dans l'activité antioxydante des extraits de plantes peuvent être attribuées à la diversité de leur composition en substances bioactives (Dib *et al.*, 2013).

L'extrait de fruit d'arbose présente une capacité moyenne d'inhibition des radicaux libres DPPH avec un pourcentage de 50,42 %  $\pm$  0,07 % (Tableau XI). Ce résultat est très proche à celui noté par Orak *et al.* (2011) avec un taux de 54,13 %. Toutefois Gulen *et al.* (2012), ont enregistré un pourcentage d'inhibition de 99 %, 74,28 % et 92 %, respectivement. Il est probable que ces différences notées dans l'activité antiradicalaire sont dues à des variations entre les variétés, aux solvants d'extraction utilisés et/ou à la méthode de détermination, ainsi qu'à la structure des composés phénoliques présents dans les échantillons. De plus, ces différences peuvent également être influencées par des facteurs tels que l'année de récolte et la variabilité génétique (Fonsec *et al.*, 2015). Par ailleurs, des études ont démontré que le stade de maturation des fruits joue un rôle crucial dans leur activité antioxydante. En d'autres termes, plus il y a de l'apport d'antioxydants, plus les radicaux DPPH<sup>•</sup> sont réduits (Hayder *et al.*, 2004).

**Tableau XI** : Activités antioxydantes des extraits du fruit d'arbose (*Arbutus unedo* L.).

Activité	Arbose ( <i>Arbutus unedo</i> L.)
Activité antiradicalaire (%)	50,42 $\pm$ 0,07
Activité antioxydante totale (Abs à 595 nm)	0,590 $\pm$ 0,062
Pouvoir réducteur (Abs à 700 nm)	0,614 $\pm$ 0,069

### IV.5.2. Activité antioxydante totale

Selon Velioglu *et al.* (1998), l'activité antioxydante totale dépend des teneurs en antioxydants tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes et les vitamines. L'activité antioxydante totale des extrait de fruit d'arbose exprimée en absorbance est de l'ordre de 0,590  $\pm$  0,062 (Tableau XI); cette valeur est supérieure au résultat rapporté par Fonseca *et al.* (2015) avec une valeur de 0,490. Cette activité antioxydante totale de l'extrait d'arbose notée peut être attribuée à la présence de composés phytochimiques dans l'extrait contribuant de manière significative à l'activité antioxydante totale (Habellah *et*

al., 2016). En outre, il est connue que l'arbose est une source d'antioxydants tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins; ce qui lui confère une activité antioxydante totale importante.

### **IV.5.3. Pouvoir réducteur**

Le test de pouvoir réducteur permet de mettre en évidence la capacité d'une molécule à donner un électron à un oxydant, ce qui permet d'évaluer efficacement l'activité antioxydante de l'extrait testé. De nombreux chercheurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme un indicateur significatif de son potentiel antioxydant (Ou *et al.*, 2002; Bourgou, Ksouri *et al.*, 2008).

Le Tableau XI montre que le pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique de l'arbose est de l'ordre de  $0,614 \pm 0,069$ . Cette valeur est supérieure à celle trouvée par Koroğlu *et al.* (2021) avec un absorbance de 0,220 et de 0,500 des extraits préparé à base du méthanol pur et à 80 % du méthanol, respectivement. La variation du pouvoir réducteur peut être attribuée à divers facteurs, notamment la composition phénolique et le profil des polyphénols présents dans cette plante (Küçük *et al.*, 2007; Estevinho *et al.* 2008). De plus, plusieurs facteur peuvent influencer sur les valeurs de pouvoir réducteur des extraits de fruit d'arbose tels que la variété, les conditions de croissance, les méthodes de récolte et de traitement, les techniques et/ou les solvants d'extraction ainsi que les méthodes analytiques utilisées pour mesurer le pouvoir réducteur.

## **IV.6. Paramètres de qualité du lait et du produit fini**

### **IV.6.1. Lait**

Le lait utilisé dans la préparation du yaourt a subi quelques analyses physico-chimiques de contrôle afin de confirmer sa qualité (Tableau XII). Quant à sa qualité microbiologique, celle-ci n'a pas été contrôlée comme il s'agit d'un lait UHT.

**Tableau XII :** Composition physico-chimique du lait utilisé.

<b>Paramètre</b>	<b>Lait</b>	<b>Normes</b>
<b>pH</b>	$6,70 \pm 0,14$	6,6-6,8*
<b>Acidité (°D)</b>	$15,00 \pm 0,00$	12-15*
<b>EST (%)</b>	$12,06 \pm 0,05$	11-12**

*EST : Extrait sec total ; (\*): JORA (1998);(\*\*)FIL*

Le lait est conforme aux détails donnés sur l'emballage et répond aux normes de la qualité physico-chimie d'un lait entier.

## **IV.6.2. Produits finis (Yaourt)**

Les yaourts formulés (YE et YT) ont subi alors une série d'analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles.

### **IV.6.2.1. Analyses physico-chimiques**

#### **IV.6.2.1.1. pH**

L'évolution du pH est marquée par la production d'acide lactique qui est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière. Cet acide organique permet de concentrer et conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobiens.

Le Tableau XIII montre que les valeurs du pH du yaourt enrichi d'arbose et le yaourt témoin sont respectivement  $4,35 \pm 0,05$  et  $4,55 \pm 0,07$ .

**Tableau XIII:** Paramètres physico-chimiques des yaourts élaborés

<b>Paramètre</b>	<b>YE</b>	<b>YT</b>	<b>Normes</b>
<b>pH</b>	$4,35 \pm 0,05$	$4,55 \pm 0,07$	4,3 à 4,7
<b>Acidité (°D)</b>	$49,50 \pm 2,12$	$70,00 \pm 1,41$	70 à 100
<b>EST (%)</b>	$22,29 \pm 0,01$	$20,64 \pm 0,01$	23 à 25

*YE: Yaourt Enrichi, YT: Yaourt Témoin.*

Nous constatant que le pH du yaourt témoin est plus élevé que celui du yaourt à base d'arbose. Ceci est dû certainement au fruit ajouté qui présente, comme c'est déjà signalé plus haut, un pH de 4. Ces valeurs sont conformes aux normes du (JORA, 2017) qui se situe entre 4,3 et 4,8 et s'accordent avec au résultats rapportés par Sinamo *et al.* (2020) et Kaur *et al.* (2020) qui sont 4,37 et 4,47, respectivement. Ces résultats témoignent donc le respect des étapes de fabrication: temps d'incubation et taux de ferments lactiques suffisants pour atteindre le pH convenable et cela signifie aussi que le yaourt est de bonne qualité microbiologique.

#### **IV.6.2.1.2. Acidité**

L'acidité titrable est un indicateur de la quantité d'acide lactique présente dans le yaourt. Selon les recommandations de la Fédération Internationale Laitière (FIL), la teneur en acide lactique préconisée est de 0,7 %.

Les taux d'acidité titrable obtenus pour le yaourt témoin et le yaourt à base sont respectivement 70°D et 49,5°D (Tableau XIII). Cette différence dans l'acidité titrable entre les deux échantillons étudiés est probablement due à l'ajout de l'arbose et à l'activité des

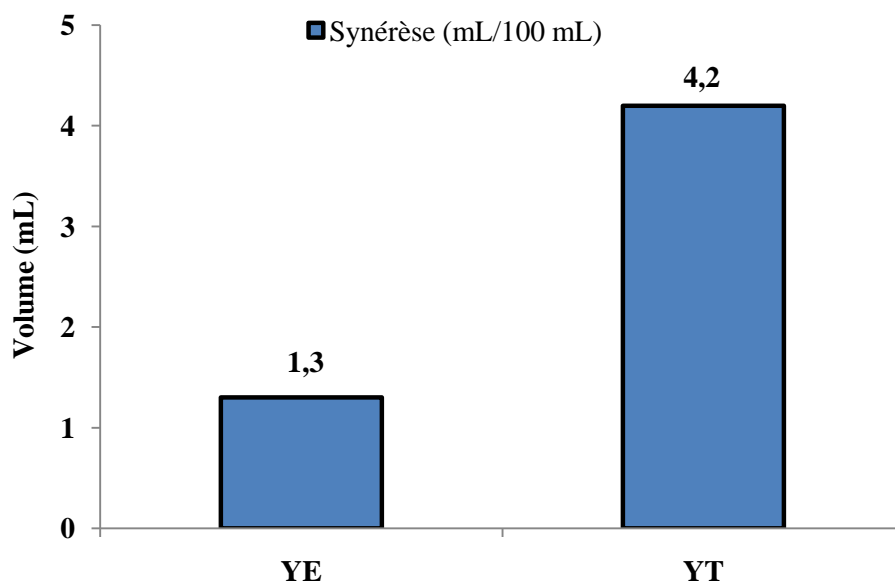
bactéries lactiques. Toutefois, ces résultats sont conformes à la norme fixée par le journal officiel Algérien qui est de 75-100°D. cette valeur est identique a celle trouvée par Xia *et al.* (2022) qui est 70°D. En outre, Benmeziane-Derradji *et al.* (2020) ont noté le taux d'acidité du yaourt enrichi de la farine de lentilles est de 0,16°D

#### **IV.6.1.3. Extrait sec total (EST)**

La matière sèche correspond à la proportion en poids des substances présentent dans l'échantillon après un séchage complet. Elle peut être exprimée en pourcentage (%) ou en grammes par litre (g/L). Les extraits secs obtenues pour le yaourt témoin et le yaourt a base d'arbose sont respectivement 20,64 % et 22,29 % (Tableau XIII). Ces résultats sont conformes à la norme fixée par le journal officiel (JORA, 2017) qui varie entre 23 % à 25 %. Nos résultats sont proches avec ceux obtenus par Bulut *et al.* (2022) avec un taux de 23,24 %.

#### **IV.6.1.4. Synérèse**

La formation de sérum de séparation dans un lait fermenté, notamment le yaourt est dû à plusieurs facteurs : conservation trop longue, refroidissement trop faible, agitation des yaourts pendant le transport, teneur en matière sèche trop faible... etc. La quantité du sérum obtenu (la synérèse) à la surface des yaourts fabriqués après 15 jours de stockage est représentée dans la Figure 12.



**Figure 12:** Taux de synérèse des yaourts élaborés.

*YE: Yaourt Enrichi, YT: Yaourt Témoin*

Le YE a présenté le taux de synérèse le plus faible en comparaison au YT ceci est également confirmé par une forte capacité d'absorption d'eau du fruit d'arbose dans le YE. En outre, nos résultats sont largement inférieurs à ceux notés par Bulut *et al.* (2022) avec un volume de 30,35 mL/100mL. Inversement, Altemimi (2018) a trouvé que le taux de synérèse moyen dans des yaourts additionnés varié entre  $1,95 \pm 0,18$  et  $4,38 \pm 1,39$  g/100g par rapport en yaourt nature avec un taux de  $4,45 \pm 1,39$ . La différence de synérèse entre un yaourt enrichi et un yaourt témoin peut être due à l'ajout du fruit d'arbose qui a une grande capacité d'absorption de l'eau ce qui a permis de réduire le taux de synérèse.

#### **IV.6.2. Qualité microbiologique**

Le contrôle microbiologique est essentiel, voire obligatoire, pour évaluer la qualité microbiologique d'un produit alimentaire afin de garantir la sécurité des consommateurs. Selon les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons de yaourts préparés (YE et YT) (Tableau XIV), il a été constaté que les produits élaborés sont conformes aux normes établies par le (JORA, 2017). En effet, aucun germe pathogène n'a été détecté dans les échantillons analysés. Ces résultats confirment que les conditions d'hygiène lors de la préparation, de l'incubation et du stockage du yaourt sont bonnes.

**Tableau XIV:** Résultats d'analyses microbiologiques des yaourts élaborés.

<b>Germes recherchés</b>	<b>YE</b>	<b>YT</b>	<b>Normes</b>
<b>Coliformes totaux</b>	Abs	Abs	<b>10 germes/g</b>
<b>Coliformes fécaux</b>	Abs	Abs	<b>1 germe/g</b>
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	Abs	Abs	<b>10 germes/g</b>
<b>Salmonelles</b>	Abs	Abs	<b>Abs</b>
<b>Levures et moisissures</b>	Abs	Abs	<b>Levures: 10<sup>2</sup> germes Moisissure: Absence</b>

#### **IV.6.3. Evaluation sensorielle de la qualité du yaourt**

La valeur commerciale des yaourts est grandement influencée par leur qualité organoleptique. Un panel de dégustation composé de 140 sujets (hommes et femmes âgés de 20 à 66 ans), comprenant à la fois des enseignants et des étudiants de l'Université de Bejaia, a été sélectionné en fonction de leur motivation, de leur intérêt et de leur disponibilité à participer au test de dégustation.

IV.6.3.1. Préférence globale

La Figure 13 présente le pourcentage de préférence pour chaque yaourt. Nous constatons que les deux yaourts élaborés sont plus ou moins appréciés par les dégustateurs. Le YT est apprécié avec un taux de 53 % avec la mention « Assez agréable », alors que le YE est apprécié avec un pourcentage de 47 % avec le caractère « Agréable », ce qui permet de conclure que le YE est plus apprécié que le YT.

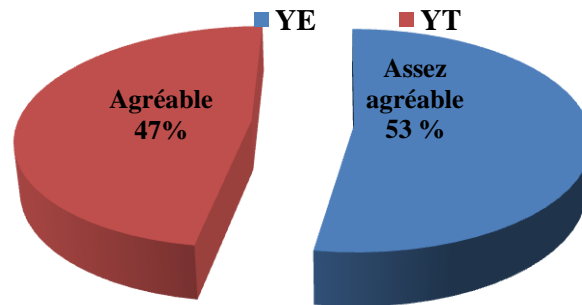


Figure 13: Préférence globale des yaourts élaborés.

YE: Yaourt Enrichi ; YT: Yaourt Témoin.

Le YE est le plus apprécié, avec un taux de 29% correspondant au caractère "Très agréable". Cependant, le YT est apprécié avec la caractéristique "Agréable" avec un taux de préférence de 31% (Figure 14). Les yaourts YE et YT sont très bien appréciés par les dégustateurs mais le YE est plus apprécié que le YT.

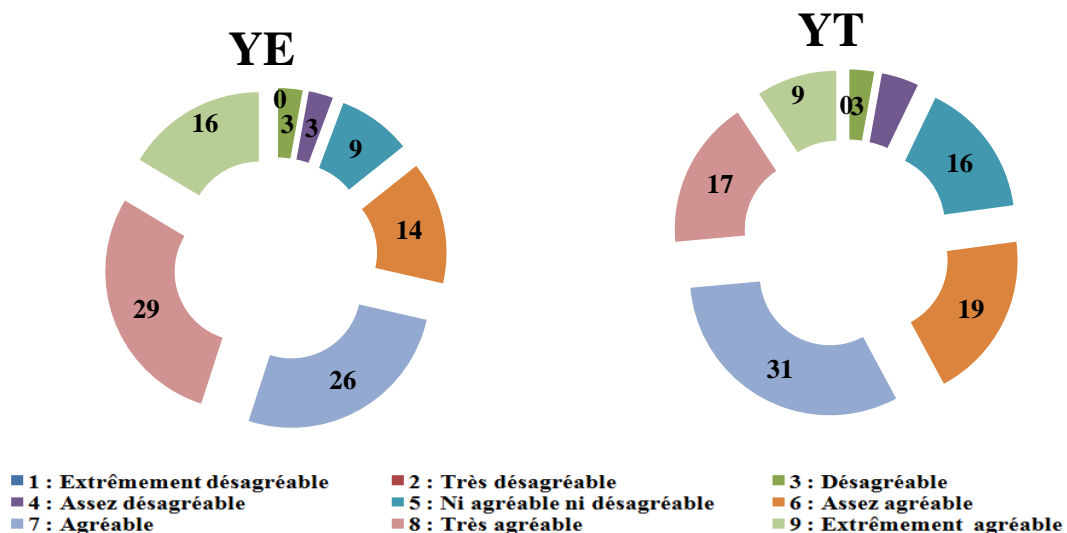


Figure 14 : Préférence globale pour chaque échantillon du yaourt.

YE: Yaourt Enrichi ; YT: Yaourt Témoin.

IV.6.3.2. Caractéristiques du produit

D'après la Figure 15, nous constatons que les YE est caractérisé par une couleur beige bien appréciée, une odeur moyennement appréciée, une texture peu granuleuse, une consistance mou, une saveur moyennement sucrée et faiblement acide dans le quel le fruit d'arbose a été identifié comme matrice d'enrichissement. Cependant, le YT est caractérisé par une couleur blanche bien appréciée, une odeur moyennement appréciée, une texture lisse, une consistance mou, une saveur moyennement sucrée et faiblement acide avec une absence d'identification de fruit d'enrichissement.

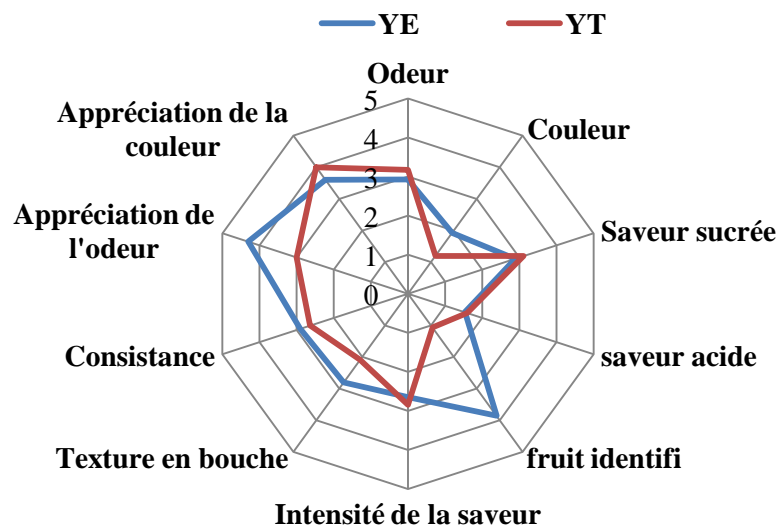


Figure 15: Caractérisation sensorielle des yaourts élaborés.

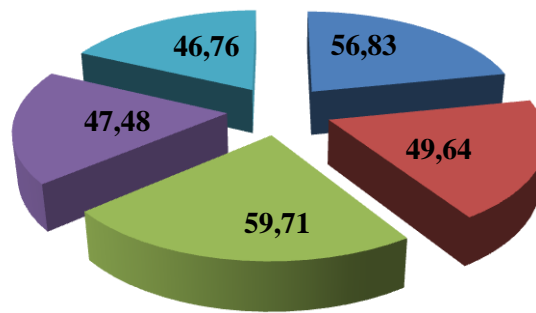
YE: Yaourt Enrichi ; YT: Yaourt Témoin.

Les résultats de la caractérisation des yaourts élaborés montrent que les différences entre le YE et le YT sont très remarquable, le YE présente la meilleure consistance, texture en bouche, l'appréciation de l'odeur dont le fruit d'arbose est identifié comparativement aux autres caractéristiques dont on a enregistré des appréciations proche entre les deux yaourts analysés.

IV.6.3.3. Paramètres motivant la préférence

La Figure 16 montre que les paramètres ayant motivé la préférence des dégustateurs des yaourts élaborés sont la texture en bouche avec le taux le plus élevé de 59,71%, l'odeur (56,83%), la couleur (49,64%), la consistance (47,48) et enfin la saveur avec le plus faible pourcentage de l'ordre de 46,76%.

■ Odeur ■ Couleur ■ Texture en bouche ■ Consistance ■ Saveur



**Figure 16:** Paramètres motivant la préférence.



*Conclusion*

## *CONCLUSION*

La présente étude a pour objectif l'élaboration d'un yaourt étuvé incorporé des morceaux de fruit d'arbose et évaluation de ses qualités (physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles); après avoir effectué quelques analyses physico-chimiques (pH, humidité, acidité, cendres, sucres totaux, sucres réducteurs et Brix), la détermination des teneurs en antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, tanins totaux, tanins condensés, vitamine C, caroténoïdes et lycopène), l'évaluation des propriétés antioxydantes et fonctionnelles de la poudre du fruit d'arbose.

Les résultats obtenus ont montré que l'arbose est une source d'eau avec un taux de 63,93 %, de nature acide (pH = 4,00), un taux d'acidité de  $0,96 \pm 0,24$  %, un taux de sucres totaux de  $16,09 \pm 0,09$  % et en sucres réducteurs de l'ordre de  $4,87 \pm 0,18$  %, un taux de cendres de  $2,71 \pm 0,01$  et enfin un pourcentage de Brix de 7,05 %. Les résultats des tests phytochimiques ont révélé la présence de tanins totaux, d'anthocyanes, de glucosides, de mucilages, d'irridioïdes, de terpenoïdes, de quinones libres et de composés réducteurs.

En outre, les résultats des propriétés fonctionnelles ont montré que la poudre d'arbose analysée présentent des capacités d'absorption d'eau (CAE), des capacités d'absorption d'huile (CAH), des capacités d'absorption en lait entier (CALE) et en lait partiellement écrémé (CALPE), des activités émulsifiantes (AE) et la stabilité des émulsions (SE) très importantes suscitant un intérêt de leurs incorporation dans certaines matrices alimentaires riches en eau et/ou huile tels que les yaourts, les biscuits, les vinaigrettes.....etc.

De plus, le fruit d'arbose est une source de substances bioactives: polyphénols totaux (27,2 mg EAQ/g d'Ech), flavonoïdes (10,217 mg EAQ/g d'Ech), flavonols (5,04 mg EAQ/g d'Ech), tanins totaux (118,54 mg EAQ/100 g d'Ech), tanins condensés (74,72 mg EAQ/100 g d'Ech), caroténoïdes (283,34  $\mu$ g E $\beta$ C/100 g d'Ech), lycopène (117  $\mu$ g EL/100 g d'Ech) et vitamine C (6,72 mg EAA/100 g MS) et présente une bonne activité antiradicalire avec un pourcentage d'inhibition du radical DPPH de 50,42%. En outre, l'extrait d'arbose a montré une bonne activité antioxydante totale et un bon pouvoir réducteur avec des valeurs de l'ordre de  $0,590 \pm 0,062$  et  $0,614 \pm 0,069$ , respectivement, ce qui confirme le potentiel antioxydant élevé du fruit d'arbose. Ces résultats suggèrent que la poudre d'arbose peut être considérée comme une source importante de composés bioactifs ayant des propriétés antioxydantes, ouvrant ainsi la voie à diverses applications thérapeutiques.

Les résultats des analyses physico-chimiques des deux yaourts formulés: yaourt témoin et yaourt enrichi d'arbose montrent clairement leurs conformités aux normes pour le pH (4,55 et 4,35), l'acidité (70°D et 49,5°D) et l'extrait sec total (20,64 et 22,29 %), respectivement ce qui témoigne de leur bonne qualité hygiénique. Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sont conformes aux normes établies par le JORA (2017).

Les résultats d'analyse sensorielle des yaourts élaborés (YE et YT) ont montré que les deux yaourts formulés sont appréciés avec pourcentages respectifs de 39 % et 22 %. Le yaourt à base d'arbose (YE) est le plus apprécié par les dégustateurs comparativement au yaourt témoin et il est caractérisé par une couleur beige, une saveur moyennement sucrée, une texture granuleuse due à la présence des morceaux de fruits.

Le présent travail permet de conclure que le lait fermenté formulé avec une nouvelle saveur (goût d'arbose) est très apprécié par les dégustateurs et présente des qualités physico-chimiques et microbiologiques conformes aux normes ce qui indique le respect des conditions d'hygiène. Ainsi, l'incorporation des morceaux du fruit d'arbose dans le yaourt constitue une innovation intéressante pour diversifier les produits laitiers et offrir de nouveaux produits aux consommateurs. L'arbose, avec son goût unique et ses propriétés nutritionnelles et antioxydantes apporte une valeur ajoutée au produit fini.

A fin de compléter ce travail, il serait toujours souhaitable de poursuivre les travaux pour plus de résultats pertinents, en ce sens :

- D'étudier d'autres variétés d'arbose existantes en Algérie et leurs propriétés au cours de la maturation;
- D'utiliser des techniques plus performantes (HPLC et UPLC) afin d'identifier et de caractériser les substances bioactives de la poudre d'arbose ;
- D'approfondir les recherches dans le but d'innover et standardiser un nouveau produit et le mettre sur le marché ;
- D'évaluer l'effet du stockage sur la qualité des produits innovés à base de fruit d'arbose.

*Références  
bibliographiques*

Abbas, A. (2015). "Caractérisation physico-chimique du fruit de l'arbousier." *Arbutus unedo*.

Abrogoua, N. (2016). Approche nutritionnelle de la farine de l'arille (*Blighia Sapida*) récolté en Côte d'Ivoire, Université Nangui Abrogoua.

AFNOR (1974). "00-030 Matières en Feuille. Détermination du Coefficient de Transmission de la Vapeur d'Eau." Recueil des Normes Françaises, Association Française de Normalisation.

AFNOR (1982). "Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits." AFNOR **325**.

Ait Lhaj, Z., R. Bchitou, et al. (2021). "Moroccan strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits: Nutritional value and mineral composition." *Foods* **10**(10): 2263.

Aït Youssef, M. (2006). "Plantes médicinales de Kabylie." Éditions Ibispress, Paris, France.

Ajila, C., K. Naidu, et al. (2007). "Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract." *Food chemistry* **105**(3): 982-988

Aganga, A. and K. Mosase (2001). "Tannin content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capassa*, *Zizyphus mucronata*, *Sclerocarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds." *Animal Feed Science and Technology* **91**(1-2): 107-113.

Agil, R., A. Gaget, et al. (2013). "Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection." *LWT-Food Science and Technology* **50**(1): 45-49.

Akin, H. (2008). Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de moûts de raisins: modélisation et interprétation métabolique

Al-Farsi, M., C. Alasalvar, et al. (2005) . "Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varietie grown in Oman." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**(19): 7586-7591.

Alarcão-E-Silva, M., A. Leitão, et al. (2001). "The Arbutus Berry: Studies on its color and chemical characteristics at two mature stages." *Journal of food Composition and Analysis* **14**(1): 27-35.

Alimentarius, C. (1975). "Normes nA 11 (a)." Rome: FAO/OMS, 86p.

Altemimi, A. B. (2018). "Extraction and optimization of potato starch and its application as a stabilizer in yogurt manufacturing." *Foods* **7**(2): 14.

Amina, M., F. Djamel, et al. (2018). "Influence of fermentation and germination treatments on physicochemical and functional properties of acorn flour." *Bulgarian Journal of Agricultural Science* **24**(4): 719-726.

Anderson , G. H. and S. E. Moore (2004). "Dietary proteins in the regulation of food intake and body weight in humans." *The Journal of nutrition* **134**(4): 974S-979S.

Anderson, H., B. Luhovyy, et al. (2011). "Milk proteins in the regulation of body weight, satiety, food intake and glycemia." *Milk and milk products in human nutrition* **67**: 147-159.

Andrade, D., C. Gil, et al. (2009). "Bioactive extracts from *Cistus ladanifer* and *Arbutus unedo* L." *Industrial Crops and Products* **30**(1): 165-167.

Anonyme <https://support.google.com/legal/answer/3463239?hl=fr>

Anjos, O., S. Canas, et al. (2020). "Development of a spirit drink produced with strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit and honey." *Beverages* **6**(2): 38.

Armenteros, M., D. Morcuende, et al. (2013). "Application of natural antioxidants from strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) and dog rose (*Rosa canina* L.) to frankfurters subjected to refrigerated storage." *Journal of Integrative Agriculture* **12**(11): 1972-1981.

Athamena, S. (2009). Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *Cuminum cyminum* et les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et l'évaluation de l'activité biologique, Université de Batna 2.

Awuchi, C.-G., V.-S. Igwe, et al. (2019). "The functional properties of foods and flours." *International Journal of Advanced Academic Research* **5**(11): 139-160 .

Awuchi, C.-G., V.-S. Igwe, et al. (2019). "The functional properties of foods and flours." *International Journal of Advanced Academic Research* 5(11): 139-160.

Ayaz, F., M. Kucukislamoglu, et al. (2000). "Sugar, non-volatile and phenolic acids composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L. var. *ellipsoidea*) fruits." *Journal of Food Composition and Analysis* **13**(2): 171-177.

Ayaz, F., A. Kadioglu, et al. (2000). "Water stress effects on the content of low molecular weight carbohydrates and phenolic acids in *Ctenanthe setosa* (Rosc.) Eichler." *Canadian Journal of Plant Science* 80(2): 373-378.

BABAALI, Y., S. HARZELI, et al. (2022). Évaluation des activités biologiques et phytochimiques, et étude comparative des effets synergiques des extraits des plantes et des nanoparticules d'argent synthétisés en vue des formulations pharmaceutique.

Baleiras-Couto, M. M., I. Caldeira, et al. (2022). "Saccharomyces cerevisiae Diversity in *Arbutus unedo* L. Fermentations in Association with the Volatile and Sensory Similarities of the Distillates." *Foods* 11(13): 1916.

Baleiras-Couto, M. M., I. Caldeira, et al. (2022). "Saccharomyces cerevisiae Diversity in *Arbutus unedo* L. Fermentations in Association with the Volatile and Sensory Similarities of the Distillates." *Foods* **11**(13): 1916.

Barros, L., A. M. Carvalho, et al. (2010). "Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterisation in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties." *Food Chemistry* 120(1): 247-254.

Belfekih, F., O. El, et al. (2017). "Screening phytochimique D'*Arbutus unedo* L." *The American Journal of Innovative Research & Applied Sciences* 5(3): 237-245.

Belibel, E.-H., S. Bouaroudj, et al. (2017). Fabrication et contrôle de qualité d'un jus de carottes au gingembre «sans sucre ajouté», Université de Jijel.

Benmeziane-Derradji, F., L. Djerroune-Arkoub, et al. (2020). "Impact of roasting on the physicochemical, functional properties, antioxidant content and microstructure changes of Algerian lentil (*Lens culinaris*) flour." *Journal of Food Measurement and Characterization* 14(5): 2840-2853.

Belfekih, F., O. El, et al. (2017). "Screening phytochimique D'Arbutus unedo L." *The American Journal of Innovative Research & Applied Sciences* **5**(3): 237-245.

Bertsouklis, K. F., I. Daskalakis, et al. (2021). "Comparative study of polyphenolic content and antioxidant capacity in fruits of *Arbutus unedo*, *A. andrachne* and their natural hybrid *A. × andrachnoides*." *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* **49**(1): 12165-12165.

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

Birolo, G., J. A. Reinheimer, et al. (2000). "Viability of lactic acid microflora in different types of yoghurt." *Food Research International* **33**(9): 799-805.

Bizouard, P. and J.-C. Favier (1992). "Contribution à l'étude de la valeur nutritive de quelques plantes naturellement abondantes en Corse." *Corse Historique* **8**: 1-14.

Bora, P. S. (2002). "Functional properties of native and succinylated lentil (*Lens culinaris*) globulins." *Food Chemistry* **77**(2): 171-176.

Boubaker, K., P. Diebold, et al. (2004). "Panton-valentine leukocidin and staphylococcal skin infections in schoolchildren." *Emerging infectious diseases* **10**(1): 121.

Bougatef, A., M. Hajji, et al. (2009). "Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases." *Food Chemistry* **114**(4): 1198-1205.

Bouhanna, I., A. Boussaa, et al. (2021). "Characterization and antibacterial activity of gelatin- based film incorporated with *Arbutus unedo* L. fruit extract on *Sardina pilchardus*." *Journal of Food Processing and Preservation* **45**(5): e15424.

Bourahla, M. G. (2017). "Elaboration et caractérisation de couches minces d'oxydes transparents conducteurs non dopées et dopées par voie sol-gel."

Boullard, B. (1997). "Dictionnaire plantes & champignons." (No Title).

Boullard, B. (2001). *Plantes médicinales du monde: Réalités et Croyances*, Estem.



Boye, J., S. Aksay, et al. (2010). "Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques." *Food Research International* 43(2): 537-546

Bora, P. S. (2002). "Functional properties of native and succinylated lentil (*Lens culinaris*) globulins." *Food Chemistry* 77(2): 171-176.

Bouhanna, I., A. Boussaa, et al. (2021). "Characterization and antibacterial activity of gelatin- based film incorporated with *Arbutus unedo* L. fruit extract on *Sardina pilchardus*." *Journal of Food Processing and Preservation* 45(5): e15424.

Bouhanna, I. (2021). Le fruit d'*Arbutus unedo* L.: composition biochimique, potentiel antioxydant et antimicrobien et application dans les procédés de bio conservation.

Boullard, B. (2001). *Plantes médicinales du monde: Réalités et Croyances*, Estem

Bourahla, M. G. (2017). "Elaboration et caractérisation de couches minces d'oxydes transparents conducteurs non dopées et dopées par voie sol-gel."

Bourlioux, P., V. Braesco, et al. (2011). "Yaourts et autres laits fermentés." *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 46(6): 305-314.

Bougatef, A., M. Hajji, et al. (2009). "Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases." *Food Chemistry* 114(4): 1198-1205.

Bourgou, S., R. Ksouri, et al. (2008). "Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots." *Comptes rendus biologies* 331(1): 48-55.

Boussalah, N., D. Boussalah, et al. (2018). "Nutrient composition of Algerian strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.)." *Fruits* 73(5): 283-297

Brissonnet, F., M. Bouix, et al. (1994). "Le stress bactérien et ses conséquences en génie de l'hygiène." *Industries alimentaires et agricoles* 111(3): 106-114.

Bulut, M., E. Adal, et al. (2022). "Plant protein enrichment effect on the physical, chemical, microbiological, and sensory characteristics of yogurt." *Journal of Food Processing and Preservation* **46**(8): e16865.

Buxeraud, J. and S. Faure (2021). "La vitamine C." *Actualités Pharmaceutiques* **60**(604): S24-S26.

Caparino, O., J. Tang, et al. (2012 ). "Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao'var.) powder . " *Journal of Food Engineering* **111**(1): 135-148.

Cavaco, T., C. Longuinho, et al. (2007). "Chemical and microbial changes during the natural fermentation of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits." *Journal of Food Biochemistry* **31**(6): 715-725.

Celikel, G., L. Demirsoy, et al. (2008). "The strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) selection in Turkey." *Scientia Horticulturae* **118**(2): 115-119.

Chandra, S., S. Singh, et al. (2015). "Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits." *Journal of food science and technology* **52**: 3681-3688.

Chew, E. Y., T. E. Clemons, et al. (2014). "Secondary analyses of the effects of lutein/zeaxanthin on age-related macular degeneration progression: AREDS2 report No. 3." *JAMA ophthalmology* **132**(2).

Cheung, C.-K. and C. Bagley (1998). "Validating an American scale in Hong Kong: the center for epidemiological studies depression scale (CES-D)." *The Journal of psychology* **132**(2): 169-186.

CHORFI, Z. E. (2022). Etude de l'activité biologique et inhibitrice de la corrosion d'une plante «*Arbutus unedo*», Université Larbi Tébessi-Tébessa.

Correia, A. and A. Oliveira (2003). "Principais espécies florestais com interesse para Portugal, Zonas de influência atlântica." Lisboa: Direcção-Geral das Florestas. Estudos e Informação(322).

- COUPLEN, F. and F. MARMY (2009). "Jardinez au naturel." Le jardin bio facile.
- Craig, T. P., J. K. Itami, et al. (1989). "A strong relationship between oviposition preference and larval performance in a shoot-galling sawfly." *Ecology* 70(6): 1691-1699.
- DAN, C. G., L. B. KOFFI, et al. (2017). "Effet du mûrissement sur les propriétés fonctionnelles des farines de baies de Gnagnan (*Solanum anguivi* Lam) cultivées en Côte d'Ivoire." *Afrique SCIENCE* 13(6): 303-314.
- Demirsoy, H., L. Demirsoy, et al. (2007). "Effects of dried on some properties of strawberry tree fruits." *Asian Journal of Chemistry* 19(3): 1777.
- Djeridane, A., M. Yousfi, et al. (2006). "Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds." *Food Chemistry* 97(4): 654-660.
- Dib, M. E. A., H. Allali, et al. (2013). "Antimicrobial activity and phytochemical screening of *Arbutus unedo* L." *Journal of Saudi Chemical Society* 17(4): 381-385.
- DIDI, A. (2009). Étude de l'activité antioxydante des flavonoïdes de l'*Arbutus unedo* et du *Dapline gaidium* L. de la région de Tlemcen.
- Didi, M., B. Makhoukhi, et al. (2009). "Colza oil bleaching through optimized acid activation of bentonite. A comparative study." *Applied Clay Science* 42(3-4): 336-344.
- Diomande, M., A. Koko, et al. (2017). "Evaluation des propriétés fonctionnelles et activité antioxydante des amandes de mangue produites en Côte d'Ivoire." *International Journal of Advancements in Research & Technology* 6(11).
- Doukani, K. and S. Tabak (2015). "Profil Physicochimique du fruit "Lendj" (*Arbutus unedo* L.)." *Nature & Technology* (12): 51.
- Doymaz, I. (2004). "Convective air drying characteristics of thin layer carrots." *Journal of Food Engineering* 61(3): 359-364.
- Dorai, M., A. Papadopoulos, et al. (2001). "Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality." *Agronomie* 21(4): 367-383.

Drouault, S. and G. Corthier (2001). "Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé." *Veterinary research* **32**(2): 101-117.

Dyab, A., H. A. El-Hakim, et al. (2016). "Utilization of some additive to produce mango powder." *Journal of Advances in Food Science & Technology* **3**(3): 156-167.

Eck, A. (1975). *Le lait et l'industrie laitière*, FeniXX

El Cadi, H., A. El Cadi, et al. (2020). "Wild strawberry (*Arbutus unedo*): Phytochemical screening and antioxidant properties of fruits collected in northern Morocco." *Arabian Journal of Chemistry* **13**(8): 6299-6311

El Ouarti, A., A. C. Haouat, et al. (2012). "Extra-and intracellular antimycobacterial activity of *Arbutus unedo* L." *African Journal of Microbiology Research* **6**(6): 1283-1290.

El Haouari, M., J. J. López, et al. (2007). "Antiaggregant effects of *Arbutus unedo* extracts in human platelets." *Journal of ethnopharmacology* **113**(2): 325-331.

Erkekoglou, I., N. Nenadis, et al. (2017). "Functional teas from the leaves of *Arbutus unedo*: phenolic content, antioxidant activity, and detection of efficient radical scavengers." *Plant Foods for Human Nutrition* **72**: 176-183.

Estevinho, L., A. P. Pereira, et al. (2008). "Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey." *Food and Chemical Toxicology* **46**(12): 3774-3779.

Ettoumi, L. Y. and M. Chibane (2015). "Some physicochemical and functional properties of pea, chickpea and lentil whole flours." *International Food Research Journal* **22**(3): 987.

Falleh, H., R. Ksouri, et al. (2008). "Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities." *Comptes rendus biologiques* **331**(5): 372-379.

Farkye, N. and G. Imafidon (1995). "Thermal denaturation of indigenous milk enzymes." *Heat-induced changes in milk*.(Ed. 2): 331-348.

Farooq, Z. and J. Boye (2011). "Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions." *Pulse foods: Processing, quality and nutraceutical applications*: 283-323.

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Food & Agriculture Org

Ferreira, S., J. Santos, et al. (2012). "Screening of antimicrobial activity of *Cistus ladanifer* and *Arbutus unedo* extracts." *Natural product research* 26(16): 1558-1560.

Ferhoum, F. (2010). Analyses physico chimiques de la propolis locale selon les étages bioclimatiques et les deux races d'abeille locales (*Apis mellifica intermissa* et *Apis mellifica sahariensis*), Boumerdés, Université M'hamed Bougara. Faculté des Sciences de L'ingénieur.

Fonseca, D. F., Â. C. Salvador, et al. (2015). "Bioactive phytochemicals from wild *Arbutus unedo* L. berries from different locations in Portugal: Quantification of lipophilic components." *International journal of molecular sciences* 16(6): 14194-14209.

Fortalezas, S., L. Tavares, et al. (2010). "Antioxidant properties and neuroprotective capacity of strawberry tree fruit (*Arbutus unedo*)." *Nutrients* 2(2): 214-229.

Fuentes, C. (1994). Cervantes, o, La crítica de la lectura, Centro Estudios Cervantinos.

Gastal, E. S. and M. M. Oliveira (2011). Domain transform for edge-aware image and video processing. *ACM SIGGRAPH 2011 papers*: 1-12.

Gaouar, O. and H. Germain (2013). "mRNA export: threading the needle." *Frontiers in plant science* 4: 59.

Ghasemzadeh, R. and R. A. Ghavidel (2011). Processing and assessment of quality characteristic of cereals-legumes composite weaning foods. *International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics (IPCBEE)*, IACSIT Press, Singapore.

Ganhão, R., M. Estévez, et al. (2013). "Mediterranean berries as inhibitors of lipid oxidation in porcine burger patties subjected to cooking and chilled storage." *Journal of Integrative Agriculture* 12(11): 1982-1992.

Ganhao, R., M. Estévez, et al. (2010). "Characterization of selected wild Mediterranean fruits and comparative efficacy as inhibitors of oxidative reactions in emulsified raw pork burger patties." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(15): 8854-8861.

Godinho-Ferreira, P., A. Azevedo, et al. (2005). "Carta da tipologia florestal de Portugal Continental." *Silva Lusitana* 13(1): 1-34.

González, E. A., A. T. Agrasar, et al. (2011). "Solid-state fermentation of red raspberry (*Rubus ideaus* L.) and arbutus berry (*Arbutus unedo*, L.) and characterization of their distillates." *Food Research International* 44(5): 1419-1426.

Gonzalez, E. A., A. T. Agrasar, et al. (2013). "and Nelson Pérez Guerra." *Engineering Aspects of Food Biotechnology*: 327.

Godinho-Ferreira, P., A. Azevedo, et al. (2005). "Carta da tipologia florestal de Portugal Continental." *Silva Lusitana* **13**(1): 1-34.

Guimarães, R., L. Barros, et al. (2013). "Characterisation of phenolic compounds in wild fruits from Northeastern Portugal." *Food Chemistry* 141(4): 3721-3730.

Gulen, T., K. Bayram, et al. (2012). "Free radical scavenging activity and phenolic content of edible wild fruits from Kazdagi (Ida Mountains), Turkey." *Journal of Medicinal Plants Research* 6(36): 4989-4994.

Gulcin, İ. (2020). "Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview." *Archives of toxicology* **94**(3): 651-715.

Habellah, R. M., S. Karoune, et al. (2016). "Étude des composés phénoliques et des activités antioxydantes de l'Acacia ehrenbergiana de la région de Tindouf." *Journal Algérien des Régions Arides (JARA) No* **13**(1).

Hacıseferoğulları, H., I. Gezer, et al. (2007). "Post-harvest chemical and physical-mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey." *Journal of Food Engineering* **79**(1): 364-373.

Hanif, M., T. Zahoor, et al. (2012). "Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt." *Pakistan Journal of Food Sciences* 22(2): 61-70.

Hanifah, R., I. Arief, et al. (2016). "Antimicrobial activity of goat milk yoghurt with addition of a probiotic *Lactobacillus acidophilus* IIA-2B4 and roselle (*Hibiscus sabdariffa* L) extract." *International Food Research Journal* 23(6).

Hayder, N., A. Abdelwahed, et al. (2004). "Anti-genotoxic and free-radical scavenging activities of extracts from (Tunisian) *Myrtus communis*." *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 564(1): 89-95.

Isbilir, S. S., H. H. Orak, et al. (2012). "Determination of antioxidant activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) flowers and fruits at different ripening stages." *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus* 11(3).

Iserin, P., M. Masson, et al. (2001). "Larousse des plantes medicinales: identification, préparation, soins." Editions Larousse, Paris 15.

Jadhav, S. and W. T. Andrew (1977). "Effects of cultivars and fertilizers on nonvolatile organic acids in potato tubers." *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 10(1): 13-18.

Jeantet, R., T. Croguennec, et al. (2007). *Les produits laitiers*, Editions Tec & Doc Lavoisier.

JORA (2017). "Journal Officiel de la République Algérienne."

Kahriman, N., C. G. Albay, et al. (2010). "Volatile constituents and antimicrobial activities from flower and fruit of *Arbutus unedo* L." *Asian Journal of Chemistry* 22(8): 6437.

Kang, D.-c., Z.-z. Su, et al. (2005). "Cloning and characterization of HIV-1-inducible astrocyte elevated gene-1, AEG-1." *Gene* 353(1): 8-15.

Kachkoul, R., T. S. Houssaini, et al. (2018). "Phytochemical screening and inhibitory activity of oxalocalcic crystallization of *Arbutus unedo* L. leaves." *Heliyon* 4(12): e01011.

Kaur, M. and K. S. Sandhu (2010). "Functional, thermal and pasting characteristics of flours from different lentil (*Lens culinaris*) cultivars." *Journal of food science and technology* 47: 273-278.

Kaur, R., G. Kaur, et al. (2017). "Yogurt: A nature's wonder for mankind." *International Journal of Fermented Foods* 6(1): 57-69.

Karagul-Yuceer, Y. and M. Drake (2006). "Sensory analysis of yogurt." *Manufacturing yogurt and fermented milks*: 265-270.

Kaur Sidhu, M., F. Lyu, et al. (2020). "Probiotic yogurt fortified with chickpea flour: physico-chemical properties and probiotic survival during storage and simulated gastrointestinal transit." *Foods* 9(9): 1144.

Khazaei, H., M. Subedi, et al. (2019). "Seed protein of lentils: Current status, progress, and food applications." *Foods* 8(9): 391.

Koksoy, A. and M. Kilic (2004). "Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran." *Food hydrocolloids* 18(4): 593-600.

Koula, D. and M. Hadjer (2015). "Physico-chemical and nutritional characterization of *Arbutus unedo* L. from the region of Tiaret (Algeria)." *BEST: International Journal of Humanities, Arts, Medicine and Sciences (BEST: IJHAMS)* 3(8): 1-14.

Kohajdová, Z., J. Karovičová, et al. (2013). "Effect of lentil and bean flours on rheological and baking properties of wheat dough." *Chemical Papers* 67(4): 398-407.

KÖROĞLU, D. G., G. SÜYÜNÇ, et al. (2021). "Antioxidant Potential of Some Fruit Extracts Prepared with Different Solvents." *Journal of the Institute of Science and Technology* 11(2): 1127-1139.

Kora, E. P. (2004). *Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé: quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur?*, INAPG (AgroParisTech).

Kulkarni, K. D., D. Kulkarni, et al. (1991). "Sorghum malt-based weaning food formulations: preparation, functional properties, and nutritive value." *Food and nutrition bulletin* 13(4): 1-7.

Küçük, M., S. Kolaylı, et al. (2007). "Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia." *Food chemistry* 100(2): 526-534.



Ladj, K. (2014). Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie Soummam d'Akbou, Université Mouloud Mammeri.

Lamoureux, L. (2001). Exploitation de l'activité [beta]-galactosidase de cultures de bifidobactéries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides, National Library of Canada= Bibliothèque nationale du Canada, Ottawa.

Lagnika, L. (2005). "Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises." France/Bénin: Université Louis Pasteur Starsbourg/Université d'Abomey Calavi: 280.

Laouicha, S., A. Senator, et al. (2020). "Total phenolic contents and antioxidant properties of Algerian *Arbutus unedo* L. extracts." *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* 10(3-s): 159-168

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

Lee, W.-J. and J. Lucey (2010). "Formation and physical properties of yogurt." *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23(9): 1127-1136.

Li, T., C. Wang, et al. (2018). "Surface hydrophobicity and functional properties of citric acid cross-linked whey protein isolate: The impact of pH and concentration of citric acid." *Molecules* 23(9): 2383.

Loones, A. (1994). "Laits fermentés par les bactéries lactiques." *Bactéries lactiques*, Loriga, Uriage, France: 135-154.

Luquet, F.-M., G. Corrieu, et al. (2006). *Bactéries lactiques et probiotiques*, Springer.

Luquet, F. M. (1985). "Laits et produits laitiers: vache, brebis, chèvre. v. 1: Les laits: de la mamelle à la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualité, énergie et tables de composition."

Marie, N. N. g. A., D. A. Edmond, et al. (2015). "Functional properties of seed flours from different cultivars of *Citrullus lanatus* (Cucurbitaceae) cultivated in Cote d'Ivoire." *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences* 1(5): 32-48.

Mariotto, S., E. Esposito, et al. (2008). "Protective effect of *Arbutus unedo* aqueous extract in carrageenan-induced lung inflammation in mice." *Pharmacological research* 57(2): 110-124 .

Maleš, Ž., M. Plazibat, et al. (2006). "Qualitative and quantitative analysis of flavonoids of the strawberry tree-*Arbutus unedo* L.(Ericaceae)." *Acta pharmaceutica* 56(2): 245-250.

Manach, C., A. Scalbert, et al. (2004). "Polyphenols: food sources and bioavailability." *The American journal of clinical nutrition* 79(5): 727-747.

Marques, M. P., D. Martin, et al. (2022). "Unveiling the compositional remodelling of *Arbutus unedo* L. fruits during ripening." *Scientia Horticulturae* 303: 111248.

Mau, J.-L., S.-Y. Tsai, et al. (2005). "Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma tsugae*." *Food Chemistry* 93(4): 641-649.

Masmoudi, M., I. Ammar, et al. (2020). "Physicochemical, radical scavenging activity and sensory properties of a soft cheese fortified with *Arbutus unedo* L. extract." *Food Bioscience* 35: 100579.

Marteau, P., P. Pochart, et al. (1994). "Survie et effets de lactobacilles acidophiles et bifidobactéries de produits laitiers fermentés dans le tube digestif de l'homme." *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 29(6): 336-340.

Mayeaux, M., Z. Xu, et al. (2006). "Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes." *Journal of Food Science* 71(8): C461-C464.

Mendes, L. I. S. (2010). Estudo do efeito protector da folha e fruto da espécie *Arbutus unedo* L. na danificação oxidativa em eritrócitos humanos, [sn].

Mendes, L., V. de Freitas, et al. (2011). "Comparative antihemolytic and radical scavenging activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaf and fruit." *Food and Chemical Toxicology* 49(9): 2285-2291.

Messaid, H. (2008). Optimisation du processus d'immersion-rehydratation du système dattes seches-jus d'orange, Boumerdes, Université M'hamed Bougara. Faculté des sciences de l'ingénieur.

Miguel, E., C. Camerer, et al. (2014). "Promoting transparency in social science research." *Science*343(6166): 30-31.

Miguel, M. G., M. L. Faleiro, et al. (2014). "Arbutus unedo L.: chemical and biological properties." *Molecules*19(10): 15799-15823.

Milardović, S., D. Iveković, et al. (2006). "A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical." *Bioelectrochemistry*68(2): 175-180.

Molyneux, P. (2004). "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity." *Songklanakarin J. sci. technol*26(2): 211-219.

Moraes, F. P. d., A. C. Gonçalves, et al. (2017). "Freeze dried acerola (*Malpighia emarginata*) pulp and pomace: physicochemical attributes, phytochemical content and stability during storage."

Morgado, S., M. Morgado, et al. (2018). "Arbutus unedo L.: From traditional medicine to potential uses in modern pharmacotherapy." *Journal of ethnopharmacology*225: 90-102.

Moraes, F. P. d., A. C. Gonçalves, et al. (2017). "Freeze dried acerola (*Malpighia emarginata*) pulp and pomace: physicochemical attributes, phytochemical content and stability during storage."

Morissette, A., N. Daniel, et al. (2020). "Yaourt et santé cardio-métabolique." *Médecine des Maladies Métaboliques* **14**(8): 692-698.

Molyneux, P. (2004). "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity." *Songklanakarin J. sci. technol* **26**(2): 211-219.

Moualek, I., G. I. Aiche, et al. (2016). "Antioxidant and anti-inflammatory activities of *Arbutus unedo* aqueous extract." *Asian pacific journal of tropical biomedicine* 6(11): 937-944.

Newman, D. J. and G. M. Cragg (2012). "Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010." *Journal of natural products* 75(3): 311-335.

Nicole, T. and G. François (2013). *Des fruits et des graines comestibles du monde entier*, Lavoisier.

Nicoli, M. C., M. Anese, et al. (1999). "Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables." *Trends in Food Science & Technology* 10(3): 94-100.

Nielsen, S. S. (2017). *Food analysis laboratory manual*, Springer.

Nikavar, B., N. A. ALI, et al. (2008). "Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species."

Nixon, R. W. and J. B. Carpenter (1978). *Growing dates in the United States*, Department of Agriculture, Science and Education Administration.

Núñez-Mancilla, Y., A. Vega-Gálvez, et al. (2014). "Effect of osmotic dehydration under high hydrostatic pressure on microstructure, functional properties and bioactive compounds of strawberry (*Fragaria Vesca*)." *Food and Bioprocess Technology* 7: 516-524.

Okpala, L., E. Okoli, et al. (2013). "Physico- chemical and sensory properties of cookies made from blends of germinated pigeon pea, fermented sorghum, and cocoyam flours." *Food science & nutrition* 1(1): 8-14.

Oliveira, I. (2010). *Caracterização fitoquímica de folhas e frutos de Arbutus unedo L*, Instituto Politecnico de Braganca (Portugal).

Orak, H. H., T. Aktas, et al. (2012). "Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo L*) fruit." *Food Science and Technology International* 18(4): 391-402.

Orak, H. H., H. Yagar, et al. (2011). "Evaluation of antioxidant and antimicrobial potential of strawberry tree (*Arbutus unedo L*) leaf." *Food Science and Biotechnology* 20: 1249-1256.

Ouazib, M. (2017). "Effet de traitements sur les paramètres nutritionnels et fonctionnels du pois chiche produit localement: impact sur les propriétés rhéologiques, physicochimiques

et sensorielles de pain à base de pois chiche."Département des sciences alimentaires, Université de Béjaia: 1-153.

Ou, B., D. Huang, et al. (2002). "Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study." *Journal of agricultural and food chemistry* 50(11): 3122-3128.

Özcan, M. M. and H. Haciseferoğulları (2007). "The strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: chemical composition, physical properties and mineral contents." *Journal of Food Engineering* 78(3): 1022-1028.

Özcan, M. M. and N. Uslu (2023). "The Effects of Oven Dehydration on Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, Fatty Acids and Mineral Contents of Strawberry Tree Fruit." *Processes* 11(2): 541.

Pabuçcuoğlu, A., B. Kivçak, et al. (2003). "Antioxidant activity of *Arbutus unedo* leaves." *Fitoterapia* 74(6): 597-599.

Pallauf, K., J. C. Rivas-Gonzalo, et al. (2008). "Characterization of the antioxidant composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits." *Journal of food Composition and Analysis* 21(4): 273-281.

Paris, R. and A. Nothis (1978). "Medicinal plants." *Herbal Medicine*.

Pavlović, D. R., S. Branković, et al. (2011). "Comparative study of spasmolytic properties, antioxidant activity and phenolic content of *Arbutus unedo* from Montenegro and Greece." *Phytotherapy Research* 25(5): 749-754.

Pimpão, R. C., T. Dew, et al. (2013). "Analysis of phenolic compounds in Portuguese wild and commercial berries after multienzyme hydrolysis." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(17): 4053-4062.

Plaza, L., C. Sánchez-Moreno, et al. (2011). "Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization." *LWT-Food Science and Technology* 44(4): 834-839.

Polese, J. F., R. Santos-Silva, et al. (2010). "Portable monitoring devices in the diagnosis of obstructive sleep apnea: current status, advantages, and limitations." *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 36: 498-505.

Prieto, P., M. Pineda, et al. (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.

Quezel, P. and S. Santa (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*.

Rani, V. and R. Grewal (2014). "Physical and functional properties of six varieties of lentil (*Lens culinaris Medik.*)." *Asian Journal of Dairy and Food Research* 33(2): 126-130.

Rejeb, A., K. Allaf, et al. (2021). "Notes physiologiques, ethnobotaniques et ethnopharmacologiques sur *Arbutus unedo* (L.)." *Phytothérapie* 19(3): 184-189.

Rezzoug, M., B. Bakchiche, et al. (2019). "Chemical composition and bioactivity of essential oils and Ethanolic extracts of *Ocimum basilicum* L. and *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. from the Algerian Saharan Atlas." *BMC complementary and alternative medicine* 19(1): 1-10.

Robertson, J. A., F. D. de Monredon, et al. (2000). "Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study." *LWT-Food Science and Technology* 33(2): 72-79.

Rodríguez-Pérez, J. and A. Traveset (2007). "A multi-scale approach in the study of plant regeneration: finding bottlenecks is not enough." *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9(1): 1-13.

Romero, H. M. and Y. Zhang (2019). "Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten-free pasta formulation." *Journal of Agriculture and Food Research* 1: 100001.

Ruiz-Rodríguez, B.-M., P. Morales, et al. (2011). "Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data." *Food Research International* 44(5): 1244-1253.

SAADOUDI, M. (2008). Etude de la fraction glucidique des fruits de: celtis australis l., crataegus azarolus l., crataegus monogyna jacq., elaeagnus angustifolia l. et zizyphus lotus l, Université de Batna 1-Hadj Lakhder.

Salem, I. B., S. Ouesleti, et al. (2018). "Exploring the nutraceutical potential and biological activities of Arbutus unedo L.(Ericaceae) fruits." *Industrial Crops and Products* **122**: 726-731.

Salam, R. and R. Rafe (2020). "In vitro Antioxidant Study and Determination of Flavonoids, Flavonols, Total Phenolic and Proanthocyanidins Content of Grewia abutilifolia Leaf Extracts." *Phytothérapie* 18(3-4): 140-147.

Sagbas, H. I., G. Ilhan, et al. (2020). "Morphological and biochemical characterization of diverse strawberry tree (Arbutus unedo L.) genotypes from northern Turkey." *Agronomy* 10(10): 1581.

Sass-Kiss, A., J. Kiss, et al. (2005). "Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables." *Food Research International* 38(8-9): 1023-1029.

Sakr, N. and E. H. Moussa (2007). "Comparaison de la qualité des blés libanais à celle des variétés importées de l'étranger et destinées à la préparation du pain libanais." *Lebanese science journal* 8(2): 87.

Šamec, D., M. Maretić, et al. (2016). "Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis." *Food chemistry* 194: 828-834

Sangnark, A. and A. Noomhorm (2004). "Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw." *Food Research International* 37(1): 66-74.

Sandine, W., C. Daly, et al. (1972). "Causes and control of culture-related flavor defects in cultured dairy products." *Journal of Dairy Science* 55(7): 1031-1039.

Saral, Ö., F. Erşen Bak, et al. (2017). "Determining total phenolic content and antioxidant activity in fruits and flowers of naturally grown Arbutus andrachne L. in Artvin."

Saurin, M. and P. A. REYNAUD "Etude de l'infestation par les tiques du tisserin gendarme (*Ploceus cucullatus*) et des espèces associées pendant et après la période de reproduction à la station IRD de Mbour (Séllégal)."

Sawaya, W., J. Khalil, et al. (1983). "Physical and chemical characterization of three Saudi date cultivars at various stages of development." *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 16(2): 87-92.

Schofield, P., D. Mbugua, et al. (2001). "Analysis of condensed tannins: a review." *Animal feed science and technology* 91(1-2): 21-40.

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

Schlich, P., A. Deglaire, et al. (2010). "Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité." *Innovations Agronomiques* 10: 95-114.

Shafi, M., W. N. Baba, et al. (2016). "Wheat-water chestnut flour blends: effect of baking on antioxidant properties of cookies." *Journal of food science and technology* 53: 4278-4288.

Sharififar, F., G. Dehghn-Nudeh, et al. (2009). "Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L." *Food chemistry* 112(4): 885-888.

Šic Žlabur, J., S. Bogdanović, et al. (2020). "Biological potential of fruit and leaves of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) from Croatia." *Molecules* 25(21): 5102.

Siebert, K. J. (1999). "Modeling the flavor thresholds of organic acids in beer as a function of their molecular properties." *Food Quality and Preference* 10(2): 129-137.

Sinamo, K., F. Hasan, et al. (2020). Physico-chemical and microbial properties of buffalo milk yoghurt drink. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing.

Singh, A. and S. Sharma (2017). "Bioactive components and functional properties of biologically activated cereal grains: A bibliographic review." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(14): 3051-3071.



Sun, B., J. M. Ricardo-da-Silva, et al. (1998). "Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(10): 4267-4274.

Soukoulis, C., P. Panagiotidis, et al. (2007). "Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality." *Journal of Dairy Science* 90(6): 2641-2654.

Takwa, S., C. Caleja, et al. (2018). "Arbutus unedo L. and Ocimum basilicum L. as sources of natural preservatives for food industry: A case study using loaf bread." *LWT* 88: 47-55.

Takrouni, M. M. and M. Boussaid (2010). "Genetic diversity and population's structure in Tunisian strawberry tree (*Arbutus unedo* L.)." *Scientia Horticulturae* 126(3): 330-337.

Tamime, A. and H. Deeth (1980). "Yogurt: technology and biochemistry." *Journal of food protection* 43(12): 939-977.

Tenuta, M. C., R. Tundis, et al. (2019). "Arbutus species (Ericaceae) as source of valuable bioactive products." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(6): 864-881.

Tenuta, M. C., B. Deguin, et al. (2020). "Contribution of flavonoids and iridoids to the hypoglycaemic, antioxidant, and nitric oxide (NO) inhibitory activities of *Arbutus unedo* L." *Antioxidants* 9(2): 184.

Teofrasto (1988). [3rd. century BC]. *Historia de las plantas. Introducción, traducción y notas* por JM Díaz-Regañón, Editorial Gredos Madrid.

Torres, J., F. Valle, et al. (2002). "Arbutus unedo L. communities in southern Iberian Peninsula mountains." *Plant Ecology* 160: 207-223.

Tounsia, A. (2015). *Caractérisation physico-chimique du fruit de l'arbousier (Arbutus unedo L.) du nord Algérien et de la datte (Phoenix dactylifera L.) du nord Algérien et de la datte (Phoenix dactylifera L.), Boumerdès.*

Touzania, S., N. Al-Waili, et al. (2022). "Arbutus Unedo Honey and Propolis Ameliorate Acute Kidney Injury, Acute Liver Injury, and Proteinuria via Hypoglycemic and Antioxidant Activity in Streptozotocin-Treated Rats."

Trachoo, N. (2002). "Yogurt: The fermented milk." *Songklanakarin Journal of Science and Technology* **24**(4): 727-738.

Traore, S., Y. Luo, et al. (2016). "Deployment of artificial neural network for short-term forecasting of evapotranspiration using public weather forecast restricted messages." *Agricultural Water Management* **163**: 363-379.

Trease, G. and W. Evans (1996). *A textbook of Pharmacognosy*. 14th Edn, Bailliere Tindall Ltd, London. Takrouni, M. M. and M. Boussaid (2010). "Genetic diversity and population's structure in Tunisian strawberry tree (*Arbutus unedo* L.)." *Scientia Horticulturae* **126**(3): 330-337.

Tsarouhas, P. H. and I. S. Arvanitoyannis (2014). "Yogurt production line: reliability analysis." *Production & Manufacturing Research* **2**(1): 11-23

Tuberoso, C. I. G., M. Boban, et al. (2013). "Antioxidant capacity and vasodilatory properties of Mediterranean food: The case of Cannonau wine, myrtle berries liqueur and strawberry-tree honey." *Food Chemistry* **140**(4): 686-691.

Ulloa, P. A., M. Maia, et al. (2015). "Physicochemical parameters and bioactive compounds of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) honey." *Journal of Chemistry* **2015**.

Velioglu, Y., G. Mazza, et al. (1998). "Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **46**(10): 4113-4117.

Vermerris, W. (2008). "Composition and biosynthesis of lignocellulosic biomass." *Genetic improvement of bioenergy crops*: 89-142.

Vermerris, W. and R. Nicholson (2006). "Families of phenolic compounds and means of classification." *Phenolic compound biochemistry*: 1-34.

Wang, J., E. Yang, et al. (2021). "Visualizing the distribution of strawberry plant metabolites at different maturity stages by MALDI-TOF imaging mass spectrometry." *Food chemistry* **345**: 128838.

Weerathilake, W., D. Rasika, et al. (2014). "The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt." *International Journal of Scientific and Research Publications* 4(4): 1-10.

Willcox, J. K., G. L. Catignani, et al. (2003). "Tomatoes and cardiovascular health."

Xiao, R., M. Liu, et al. (2022). "Physical and chemical properties, structural characterization and nutritional analysis of kefir yoghurt." *Frontiers in microbiology* .

Yıldırım, A., A. Mavi, et al. (2001). "Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts." *Journal of agricultural and food chemistry* **49**(8): 4083-4089.

Zitouni, H., L. H. Hssaini, et al. (2021). "Functionnal and technological properties of five strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruit as bioactive ingredients in functional foods." *International Journal of Food Properties* 24(1): 380-39.

Zitouni, H., M. L. Fauconnier, et al. (2022). "Phenols, Volatile Compounds, Organic Acids and Antioxidant Activity of Strawberry Tree (*Arbutus Unedo* L.) Fruits Belonging to Five Genotypes Growing in Morocco." *International Journal of Fruit Science* 22(1): 414-437.

Zitouni, H., L. Hssaini, et al. (2020). "Proximate Polyphenolic Composition, Phytochemical Components and Bioactivity Evaluation of Twelve Strawberry (*Arbutus unedo* L.) Genotypes Grown Under Moroccan Ecological Conditions."

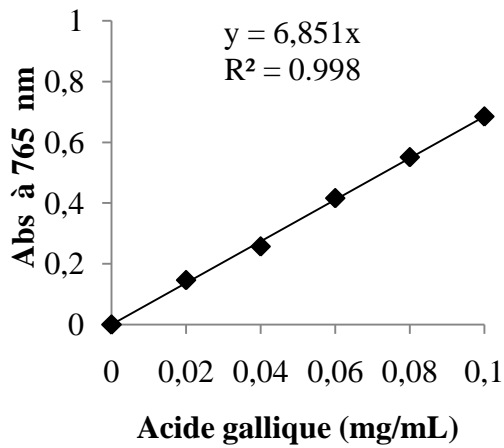
Zucca, P., A. Rosa, et al. (2013). "Evaluation of antioxidant potential of "Maltese mushroom"(*Cynomorium coccineum*) by means of multiple chemical and biological assays." *Nutrients* **5**(1): 149-161.

### **Site électronique**

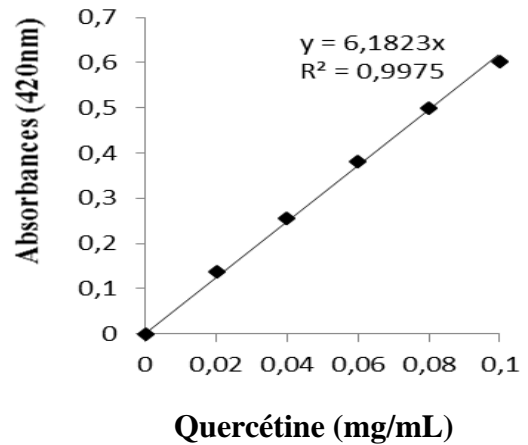
Anonyme : <https://support.google.com/legal/answer/3463239?hl=fr>

# *Annexes*

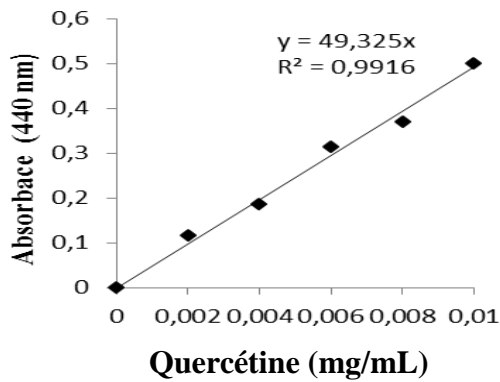
## Annexe I : Courbes d'étalonnage



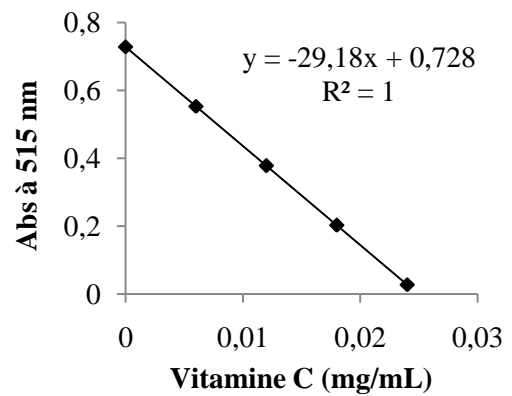
**Figure 1:** Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols.



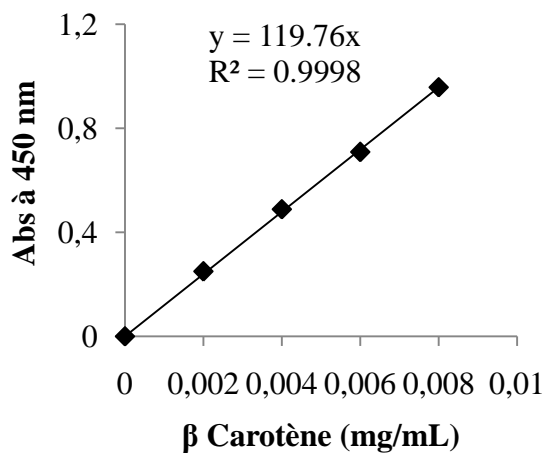
**Figure 2:** Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.



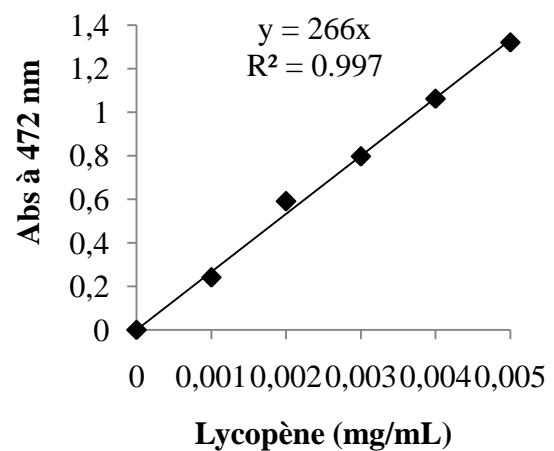
**Figure 3:** Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonols.



**Figure 4:** Courbe d'étalonnage pour le dosage de la vitamine C



**Figure 5:** Courbe d'étalonnage pour le dosage des caroténoïdes



**Figure 6:** Courbe d'étalonnage pour le dosage du lycopène



**1- Préférence générale :**

Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 à 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 à celui le plus préféré selon l'échelle présentée ci-dessous:

- 1 : Extrêmement désagréable,
- 2 : Très désagréable,
- 3 : Désagréable,
- 4 : Assez désagréable,
- 5 : Ni agréable ni désagréable,
- 6 : Assez agréable,
- 7 : Agréable,
- 8 : Très agréable,
- 9 : Extrêmement agréable.

<b>Echantillon</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Note</b>		

**2- Paramètre ayant motivé la préférence générale :**

- Quelles sont les caractéristiques organoleptiques qui ont motivé votre préférence:

**La couleur**

**La consistance**

**La saveur**

**L'odeur**

**La Texture**

**\*Merci pour votre coopération\***

## Annexe II (Suite): Questionnaire d'analyse sensorielle de deux yaourts étuvés (Panel expert)

Date : .....

Age : .....

Profession : .....

Sexe : F  M 

Dans le cadre d'une analyse sensorielle d'un yaourt enrichi plus un témoin, 2 échantillons vous sont présentés codés A et B, il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement, puis répondre aux questions qui suivent en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée pour chaque paramètre :

**NB:** Après la dégustation de chaque échantillon, rincez la bouche avec de l'eau.

### I. Odeur

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

Echantillon	A	B
Note		

### • L'odeur vous l'appréciez ?

- (1) Non appréciée
- (2) Peu appréciée
- (3) Moyennement appréciée
- (4) Bien appréciée
- (5) Très appréciée

Echantillon	A	B
Note		

### II. Couleur

- (1) Blanc
- (2) Beige
- (3) Rose
- (4) Rose Foncé
- (5) Rouge

Echantillon	A	B
Note		

### • La couleur vous l'appréciez ?

- (1) Non appréciée
- (2) Peu appréciée
- (3) Moyennement appréciée
- (4) Bien appréciée
- (5) Très appréciée

Echantillon	A	B
Note		

### III. Saveur

#### a. Saveur sucrée

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

Echantillon	A	B
Note		

#### b. Saveur acide

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

Echantillon	A	B
Note		



**c. Fruit identifié**

- (1) Absent
- (2) Fraise
- (3) Framboise
- (4) Arboise (Sisnou en kabyle)
- (5) Cerise

Echantillon	A	B
Note		

**d. Intensité de la saveur (Arôme)**

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

Echantillon	A	B
Note		

**IV. Texture**

**a. Texture en bouche**

- (1) Très lisse
- (2) Lisse
- (3) Peu granuleuse
- (4) Granuleuse
- (5) Très granuleuse

Echantillon	A	B
Note		

**b. Consistance** Quand on mélange (5 fois)

- (1) Liquide
- (2) Trop mou
- (3) Mou
- (4) Ferme
- (5) Trop ferme

Echantillon	A	B
Note		

**V. Préférence générale**

Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 à 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 à celui le plus préféré selon l'échelle présentée ci-dessous:

- 1 : Extrêmement désagréable,
- 2 : Très désagréable,
- 3 : Désagréable,
- 4 : Assez désagréable,
- 5 : Ni agréable ni désagréable,
- 6 : Assez agréable,
- 7 : Agréable,
- 8 : Très agréable,
- 9: Extrêmement agréable.

Echantillon	A	B
Note		

**VI.Paramètre ayant motivé la préférence générale**

Quelles sont les caractéristiques organoleptiques qui ont motivé votre préférence:

La couleur

La consistance

La saveur

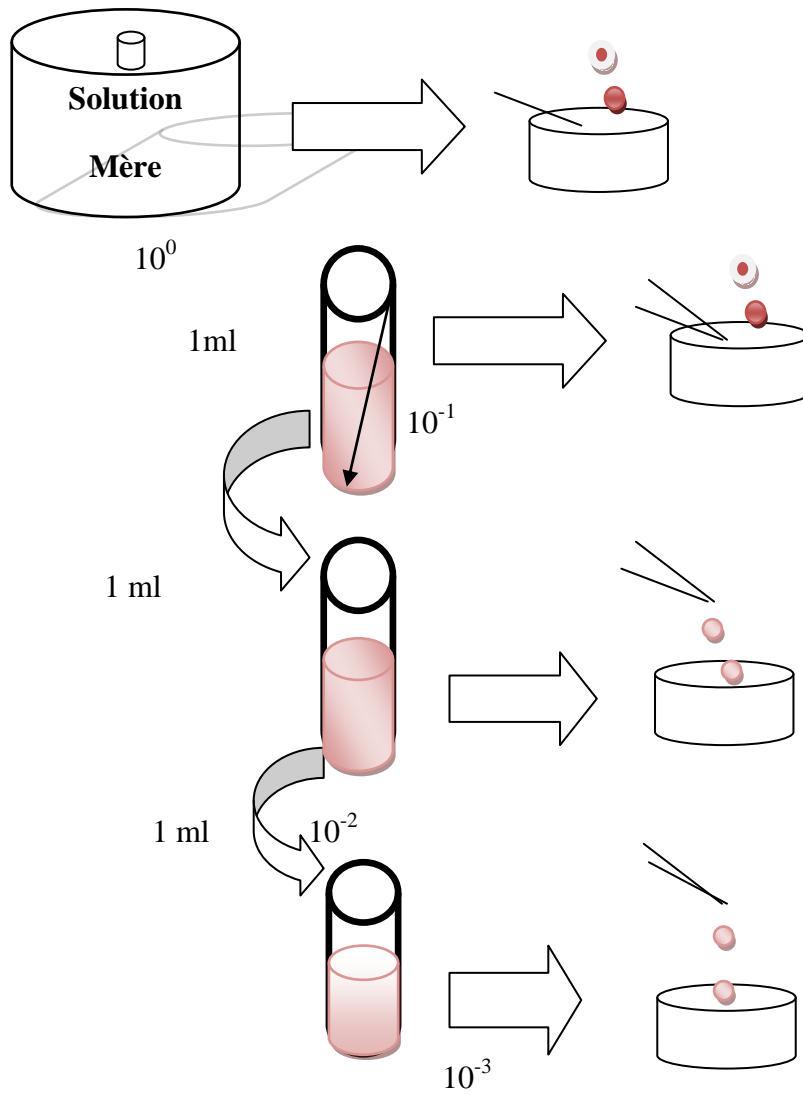
L'odeur

La Texture

**\*Merci pour votre coopération\***

Annexe III: Analyse microbiologique

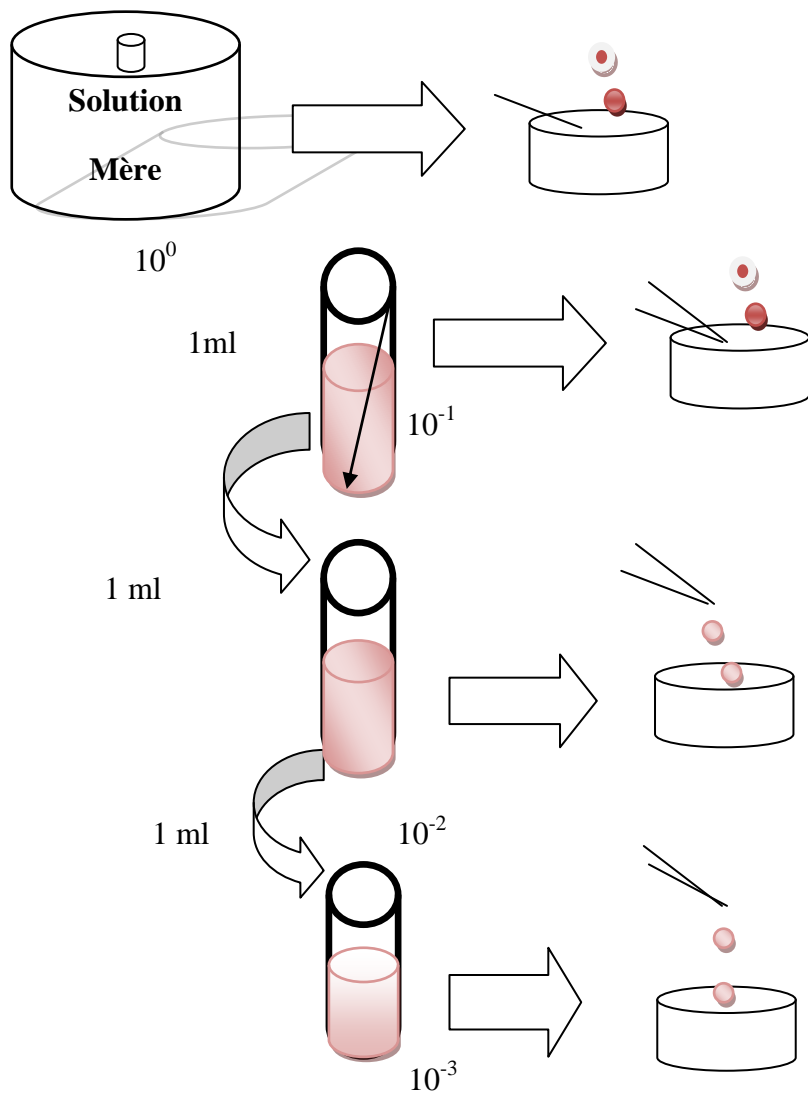
Préparation des solutions mères et des dilutions ( $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ ) et ensemencement



Milieu d'ensemencement VRBL - Incubation à  $37^{\circ}\text{C}$  (48 h)

Figure 1 : Dénombrement des Coliformes totaux

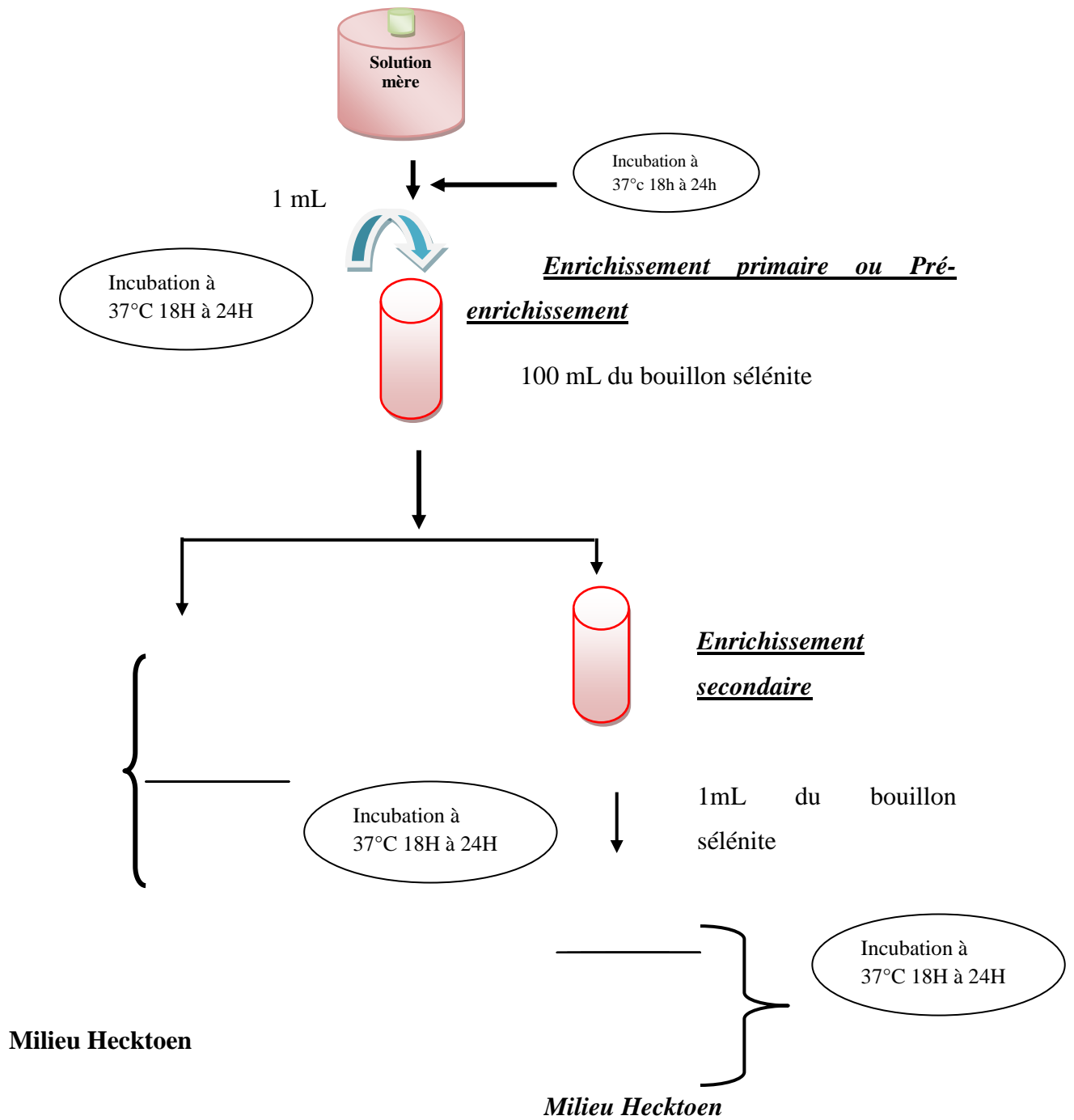
Annexe III (suite): Analyse microbiologique



Milieu d'ensemencement VRBL - Incubation à 44°C (24 h)

Figure 2 : Dénombrement des Coliformes fécaux

Annexe III (suite): Analyse microbiologique



Ensemencement du milieu de culture

Figure 3: Recherche des salmonelles

Annexe III (suite): Analyse microbiologique

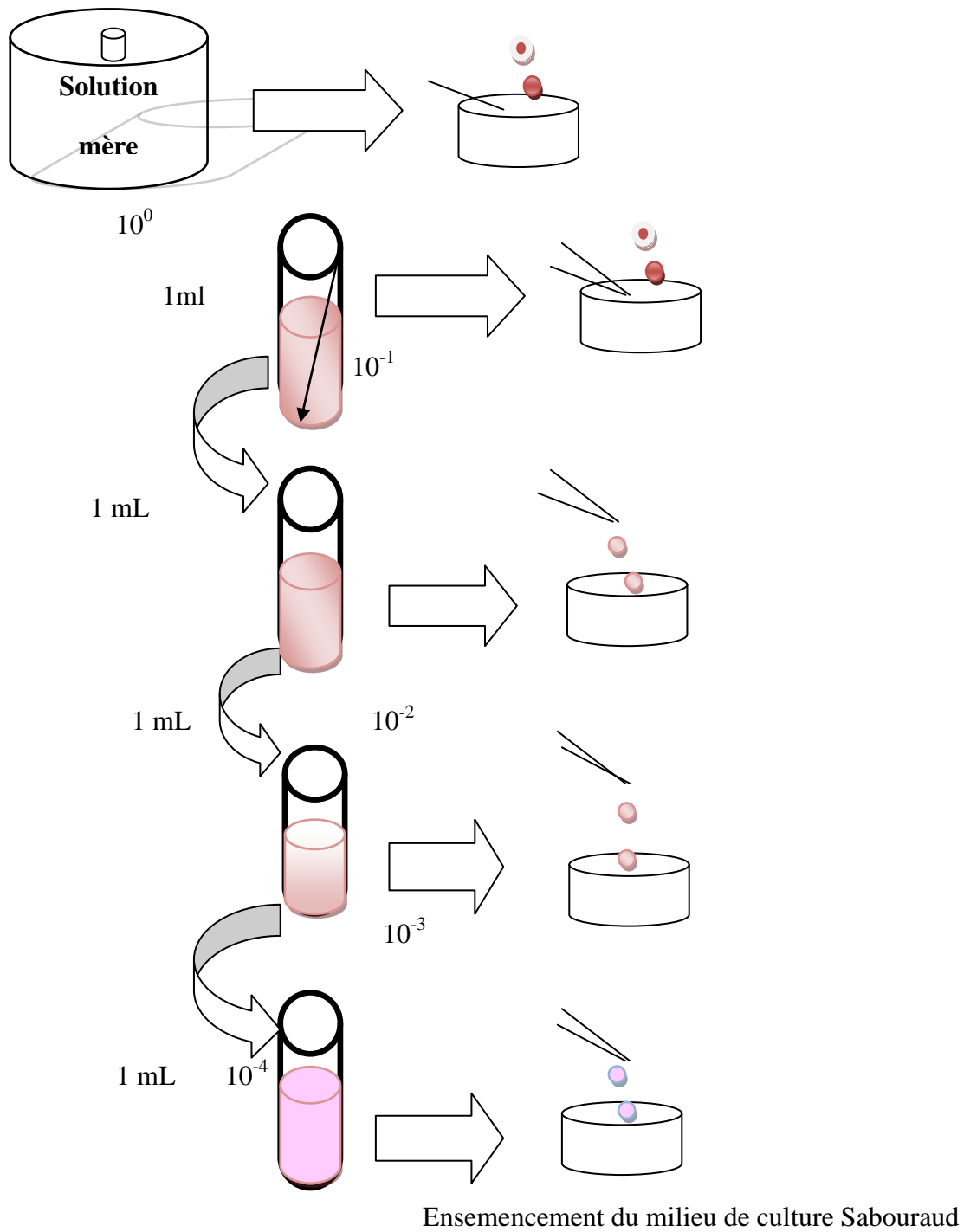
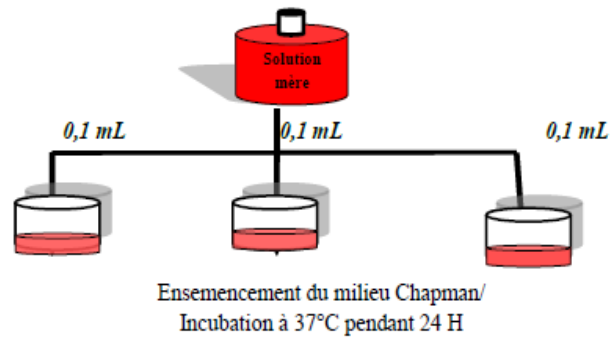


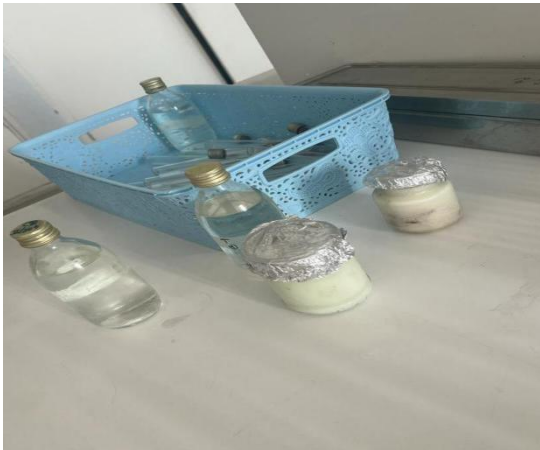
Figure 4 : Dénombrement des levures et moisissures.

**Annexe III (suite): Analyse microbiologique**



**Figure 5 : Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.**

**Annexe III (Suite): Photographies de l'analyse microbiologique des yaourts élaborés**



**Annexe IV : Photographie de quelques matériel utilisés.**



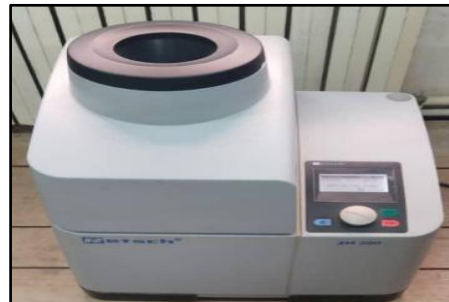
**pH mètre**



**Dessiccateur**



**Réfractomètre**



**Broyeur**



**Étuve**



**Spectrophotomètre**



## Résumé

L'objectif du présent travail en premier lieu est l'évaluation des propriétés physico-chimiques, antioxydantes et fonctionnelles du fruit d'arboise (*Arbutus unedo* L.). En second lieu, essai de formulation d'un yaourt étuvé enrichi d'arboise « YE » en vue de sa valorisation contre un yaourt témoin « YT » élaborés dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus montrent que le fruit d'arboise est une source d'antioxydants: polyphénols ( $2771,56 \pm 258,07$  mg EAG/100 g MS), Flavonoïdes ( $1917,34 \pm 29,88$  mg EQ/100 g MS), flavonols ( $504,72 \pm 14,04$  mg EQ/100 g MS), tanins totaux ( $118,54 \pm 16,20$  mg EC/100 g MS), Tanins condensés ( $74,7 \pm 6,50$  mg EC/100 g MS), Vitamine C ( $6,79 \pm 0,22$  mg EAA/100g), Caroténoïdes totaux ( $283,34 \pm 3,48$  µg EβC/100 g) et Lycopène ( $117,00 \pm 1,88$  µg EL/100g). En outre, le fruit d'arboise présente certaines propriétés physico-chimiques caractéristiques à ce fruit, des propriétés antioxydantes et fonctionnelles importantes permettant leur incorporation dans des matrices alimentaires. La préparation des yaourts (YE et YT) est réalisée traditionnellement en respectant un diagramme de fabrication d'un yaourt standard. Les yaourts formulés présentent des qualités physico-chimiques et microbiologiques conformes aux normes indiquant le respect des conditions d'hygiène et assurant ainsi la sécurité des consommateurs. En outre, l'évaluation sensorielle a révélé que le yaourt à base d'arboise est plus apprécié que le yaourt témoin avec un taux de 59,51%. En conclusion, l'élaboration d'un yaourt à base de fruit d'arboise est possible donc il serait très intéressant d'élargir sa production à l'échelle industrielle.

**Mots clés:** *Arbutus unedo* L.; Propriétés; Yaourt ; Qualité.

## Abstract

The aim of this work firstly is the evaluation of the physicochemical, antioxidant and functional properties of the fruit of *arbutus* (*Arbutus unedo* L.). Secondly, the formulation of a steamed yogurt enriched with *arbutus* "YE" with a view to its valorization against a control yogurt "YT" produced under the same conditions. The results obtained show that the *arbutus* fruit is a source of antioxidants: polyphenols ( $2771.56 \pm 258.07$  mg EAG/100 g DM), flavonoids ( $1917.34 \pm 29.88$  mg EQ/100 g DM), flavonols ( $504.72 \pm 14.04$  mg EQ/100 g DM), total tannins ( $118.54 \pm 16.20$  mg EC/100 g DM), condensed tannins ( $74.7 \pm 6.50$  mg EC/100 g MS), Vitamin C ( $6.79 \pm 0.22$  mg EAA/100g), Total Carotenoids ( $283.34 \pm 3.48$  µg EβC/100 g) and Lycopene ( $117.00 \pm 1.88$  µg EL /100g). In addition, the *arbutus* fruit presents some physico-chemical properties characteristic of this fruit, important antioxidant and functional properties allowing their incorporation into food matrices. The preparation of yogurts (YE and YT) is traditionally carried out by following a standard yogurt production diagram. The formulated yogurts have physico-chemical and microbiological qualities that comply with standards indicating compliance with hygiene conditions and thus ensuring consumer safety. In addition, the sensory evaluation revealed that enriched yogurt is more appreciated than the control yogurt with a rate of 59.51%. In conclusion, the development of yoghurt based on *arbutus* fruit is possible so it would be very interesting to expand its production on an industrial scale.

**Keywords:** *Arbutus unedo* L.; Properties; Yogurt; Quality.