

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologiques
Option : Industrie laitière



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Elaboration d'un yaourt brassé à l'arbose

Présenté par :
HAMDY Rima & IRID Sara
Soutenu le : **21 /06/2017**

Devant le jury composé de :

Mme. SMAÏL L.	MAA	Présidente
Mme. GUENDOUZE N	MAA	Encadreur
M ^{elle} . ISSAADI O.	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2016/2017

Table de matière

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des abréviations.

Introduction..... 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'arbose

I.1. Description de l'arbousier 2

 I.1.1. Description botanique 2

 I.1.2. Habitat et distribution géographique 3

 I.1.3. Classification classique 3

 I.1.4. Usage et propriété d'*Arbutus unedo* 3

I.2. Description de l'arbose 4

 I.2.1. Utilisation de l'arbose 4

 I.2.2. Composition chimique et valeur énergétique de l'arbose 4

Chapitre II : Généralités sur le yaourt

II.1. Définition..... 6

II.2. Composition biochimique..... 6

II.3. Intérêt nutritionnelle 7

II.4. Caractéristiques générales des bactéries lactiques..... 7

 II.4.1. Description de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*..... 7

 II.4.2. Comportement associatif des bactéries du yaourt..... 7

 II.4.3. Rôle des bactéries du yaourt 8

 II.4.3.1. Production de l'acide lactique..... 8

 II.4.3.2. Activité protéolytique 8

II.4.3.3. Activité lipolytique et estérasique	8
II.4.3.4. Production des composants aromatiques	8
II.4.3.5. Production d'agents texturants.....	8
II.5. Technologie du yaourt.....	9

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel	11
III.1.1. Description du matériel végétale	11
III.1.2. Récolte des échantillons	11
III.2. Méthodes	11
III.2.1. Fabrication des yaourts.....	11
III.2.2. Analyses physico-chimique.....	13
III.2.2.1. Détermination de la teneur en eau	13
III.2.2.2. Détermination du pH	13
III.2.2.3. Détermination de la teneur en cendres.....	14
III.2.2.4. Mesure de l'acidité titrable	14
III.2.2.5. Dosage des protéines brutes.....	15
III.2.3. Analyse phytochimique	16
III.2.3.1. Extraction.....	16
III.2.3.2. Dosage des polyphénols totaux	16
III.2.3.3. Activité antioxydante.....	17
III.2.4. Analyses microbiologiques	19
III.2.5. Analyses sensorielle	20
III.2.6. Analyse statistique.....	21

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Analyses physico-chimiques.....	22
IV.1.1 Détermination de la teneur en eau.....	22
IV.1.2 Détermination du pH.....	23
IV.1.3. Détermination de l'acidité.....	25
IV.1.4. Détermination de la teneur en protéine.....	25
IV.1.5. Taux de cendre.....	26
IV.2. Analyses phytochimiques.....	26
IV.2.1. Taux polyphénols totaux.....	26
IV.2.2. Activité antioxydante.....	28
IV.2.2.1. pouvoir réducteur.....	28
IV.2.2.2. Test au radical DPPH*.....	29
IV.2.3. Analyses microbiologiques.....	32
IV.2.4. Analyses sensorielle.....	33
IV.2.4.1. Test du plan d'expérience.....	33
IV.2.4.2. Caractérisation des produits.....	34
IV.2.4.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur.....	34
IV.2.4.2.2 Coefficients des modèles.....	35
IV.2.4.2.3 Moyennes ajustées par produit.....	36
IV.2.4.3. Analyse en composantes principales (ACP).....	36
IV.2.4.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	37
IV.2.4.5. Cartographie externe de préférence (PREFMAP).....	38
Conclusion.....	40

Références bibliographiques.

Annexes.

Résumé.



Remerciement

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

Nous adressons nos profondes reconnaissances et nos chaleureux remerciements à :

*Notre promotrice **M^{me} Boucheffa Guendouze N**, 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.*

*Les membres du jury, la présidente **M^{me} smail L**, et l'examinatrice **M^{me} Issadi O**.*

*Tous ce qui ont contribué de pré ou de loin à la réalisation de ce travaille spécialement **M^{me} Sabrina Benamer** l'ingénieur du laboratoire d'analyse sensorielle et ma chère tante **Inouri Ahlem** sans oublier nos cher famille*

Merci à tous

Sara & Rima

DEDICACE

*Avec un énorme plaisir et un coeur ouvert et une immense joie, que
je
dédie ce travail à :*

*Mes très chers, respectueux et magnifiques parents qui m'ont
soutenu
tout au long de ma vie et mes études. Que dieu leur procure bonne
santé
et longue vie,*

*Ma cher sœur : Soraya et à son marie Hamza sans oublier leur
petit poussin adorable Aylan*

Mes chers frères : Djugurta et Lyes

Mes chères tantes Ahlem et Naima

La mémoire de mon oncle qui nous à quitter « dada mostapha »

Ma binôme Rima et à toute sa famille

Toute ma famille, et mes amis : Fairouz , Zahia , katia , Thaldja

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce
projet
soit possible, je vous dit merci.*



SARA

DEDICACE

*J'ai le plaisir de dédier
ce travail à :*

Ma source de tendresse, de patience, de joie ... à

Mes parents que j'aime

Mes adorables sœurs :

« Louiza ; » « zoubida » ; « Nadia » ; « Houria » .

Mes frères : « Nabil » ; « Mounir » ; « Saïd » ;

« Mouloud » ; « Abdel 'Aziz » .

Mon trésor qui a un cœur en or, mon fiancé et futur

marie « Fouad » qui m'a donnée l'aide et m'a

encouragée.

Ma future famille

Tous les petits : « Ghouzlene » ; « Lydia » ;

« Tinhinene » ; « Kawthar » ; « Islem » .

Mes chères amies

Ma sœur et collaboratrice « Sara » et a toute sa famille.

Toutes celles et à tous ceux qui m'aiment

Et Enfin, A tous mes collègues de notre promotion SA.

RIMA



Liste des tableaux

Tableau I : Composition chimique de l'arbose (en %).

Tableau II : La composition moyen d'un yaourt.

Tableau III : Analyses microbiologiques du lait, de l'arbose et des deux yaourts.

Tableau IV : Résultats de l'acidité titrable.

Tableau V : Résultats du taux de cendre

Tableau VI : Résultats des analyses microbiologiques des produits utilisés.

Tableau VII : Evaluation du plan d'expériences.

Tableau VIII : Moyennes ajustées par produit.

Tableau IX: Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.

Liste des figures

Figure 1 : Photographie de L'arbre *Arbutus unedo*

Figure 2 : Diagramme présentant la technologie du yaourt

Figure 3 : Photographie de l'arboise

Figure 4 : Schéma représentatif du protocole de dosage des polyphénols totaux

Figure 5 : Schéma représentatif du protocole expérimental du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium

Figure 6 : Mécanisme réactionnel de réduction du radical DPPH•.

Figure 7 : Schéma représentatif du protocole expérimental de l'effet scavenger vis-à-vis du DPPH•

Figure 8 : Diagramme de fabrication d'un yaourt brassé à base d'arboise frais.

Figure 9:Taux d'humidité dans l'arboise, le yaourt à base d'arboise et du yaourt nature.

Figure 10: pH de l'arboise, lait, du yaourt à base d'arboise et du yaourt nature.

Figure 11 : Teneur en polyphénols totaux dans l'extrait d'arboise et le yaourt à base d'arboise

Figure 12 : Pouvoir réducteur de l'extrait d'arboise avec l'acide gallique.

Figure 13 : pouvoir réducteur du yaourt à base d'arboise

Figure 14: Test au DPPH• pour l'extrait d'arboise.

Figure 15 : Test au DPPH• pour le yaourt à base d'arboise.

Figure 16 :Les IC₅₀ de l'arboise et du yaourt à base d'arboise.

Figure 17 : Pouvoir discriminant par descripteur.

Figure 18 : Coefficients des modèles des échantillons de yaourts A et B.

Figure 19 : Corrélations entre les variables et les facteurs.

Figure 20 : Profil des différentes classes créées.

Figure 21: Courbes de niveau et carte des préférences.

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

DPPH : 1,1- diphényl-2-picrylhydrazyl.

EAG: Equivalent acide gallique.

IC₅₀ : Concentration d'Extrait inhibant 50% de radicaux.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

MG : Matière Grasse.

MF : Matière Fraîche.

pH : potentiel d'Hydrogène.

PCA : Plate Count Agar

UFC : Unité formant colonie

VF : Viande Foie,

VRBL : Milieu Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre,

MRS: Gélose de Man, Rogosa , Sharpe.

Introduction

Les laits fermentés sont des aliments de grande consommation, spécialement par certaines populations orientales (Asie et Europe centrale) (**Jeantet et al., 2008**).

Le yaourt est un produit laitier populaire, fabriqué à partir de la fermentation lactique du lait. Il s'agit d'un produit souple qui fournit de quantités importantes de substances nutritives. Il a été associé à une large gamme d'effets positifs sur la santé. La qualité sensorielle du yaourt est l'un des facteurs les plus importants qui influence sur le choix des consommateurs (**Bruzzone F et al., 2013**).

L'évolution actuelle du marché des produits alimentaires incite l'industrie à élaborer de nouveaux produits (**Fizman et al., 1999**). Parmi ces produits, les yaourts incorporés de morceaux de fruits (fraise, pêche, abricot, cerise, etc.).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui vise à élaborer un yaourt incorporé de morceaux d'arbose, un fruit peu connu de point de vue nutritionnel et industriel par la population algérienne et sa consommation reste saisonnière.

L'arbose est un fruit sauvage qui se développe dans les régions méditerranéennes, il contient une quantité importante de vitamines tels que la vitamine C (**Alarcao-E-Silva et al., 2001**) et d'autres molécules antioxydantes comme les composés phénoliques (**Oliveira et al., 2009**).

Cette étude est divisée en deux parties :

- Une synthèse bibliographique comportant des généralités sur l'arbose et le yaourt ;
- Une étude expérimentale visant tout d'abord à formuler un fruit nature et un yaourt à base d'arbose, puis l'étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles de ces yaourts. En parallèle, la détermination de la teneur en composés phénoliques et de l'activité antioxydante des extraits d'arbose et du yaourt élaboré a été réalisée.

Chapitre I : Généralités sur l'arbose

Depuis l'antiquité, l'Homme a utilisé les plantes pour se nourrir. En plus de cette fonction nutritionnelle, il découvrit bien d'autres fonctions que pouvaient lui procurer les plantes: notamment le pouvoir de guérison (**Newman et Cragg., 2012**). Parmi ces plantes, l'arbousier qui est une plante médicinale riche en éléments nutritifs et dont le fruit est utilisé en alimentation.

I.1. Description de l'arbousier

Arbutus unedo ou l'arbousier signifie « arbre austere » (**Becker et al., 1982**). Le mot *Unedo*, de *Unum edo*, signifie je mange un seul en latin, allusion à son fruit à saveur acidulée (**Baba Aissa., 1999**).

I.1.1. Description botanique

L'arbousier est un arbuste de 3 à 4 mètres ou petits arbres de 8 à 10 mètre de hauteur et à rameaux sinueux rouge brunâtre. Ses feuilles sont simples, alternes, coriaces, dentées, ovales-lancéolées et persistantes. Les fleurs sont nombreuses, en grappe terminales, en forme de grelots, blanche ou rosées, et sont présentes en Novembre et Décembre. Quant aux fruits, ils sont présents une période de l'année en automne et en hiver, à différents stades de maturité en même temps que les fleurs. Ce sont des baies sphériques de 16 à 20 mm de diamètre, rouge vif, à surface rugueuse-crevassée typique, à chair orangée, et à nombreuses petites graines brunâtres (**Reynaud., 2002**) (figure 1).

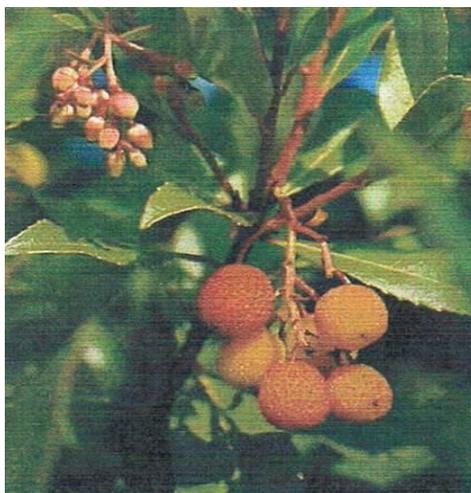


Figure 1 : Photographie de l'arbousier (**Bayer et al., 1990**).

I.1.2. Habitat et distribution géographique

L'arbousier peut pousser sur des sols acides et relativement alcalins (pH 5 à 7,2). Il se trouve généralement dans les hauts maquis et se rencontre entre 0 et 600 m d'altitude (parfois jusqu'à 1000 m). Cette plante supporte des températures élevées, mais elle est assez résistante au froid (Ait Youssef., 2006).

Arbutus unedo est largement distribué dans l'ère méditerranéo-atlantique, et dans le sud et l'ouest des Etats Unis d'Amérique (Ferrard., 2003). En Algérie, il est commun dans les climats du tell, des garrigues et des forêts (Ait Youssef., 2006).

I.1.3. Classification taxonomique

Selon Guignard (2001), *Arbutus unedo* est classé comme suit :

Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Eudicots ou eudicotylidenes
Sous-classe :	Asteridées
Tribu :	Préastéridées
Ordre :	Ericales
Famille :	Ericaceae
Genre :	<u><i>Arbutus</i></u>
Espèce :	<u><i>Arbutus unedo</i></u> L

I.1.4. Usage et propriété

L'arbousier est connu pour ses propriétés bénéfiques pour la santé. Il est tonique, antiseptique urinaire, astringent, diurétique et favorise la circulation sanguine. Son écorce brune-rouge est diurétique, utilisée contre l'hypertension, contre les rhumatismes, et anti-inflammatoire (Aouadhi., 2010), elle est également dépurative et décongestionnante (Beloued., 2009). Son fruit, appelé arbose, peut être consommé cru en petites quantités car en grandes quantités, il possède une légère toxicité et il peut induire des coliques bénignes. Le décocté du fruit est recommandé pour le traitement de certains cancers, la vitalité et le tonus (Aouadhi ., 2010).

I.2. Description de l'arbose

L'arbose est un petit fruit charnu consommé de préférence avant sa complète maturité car il devient alors mou, fade et farineux ; c'est quand il est encore orange-rouge qu'il est le plus agréable. Cru, il reste assez peu savoureux bien que la chair jaune orangé soit juteuse, sucrée et acidulée. Ce fruit contient de nombreux petits pépins et une peau hérissée de granules pierreux (Tonelli et Gallouin., 2013).

I.2.1. Utilisation de l'arbose

Un grand nombre de produits peuvent être obtenus à partir de l'arbose ; il peut être utilisé pour la confection de confiture et de pâtisserie, ou être fermenté pour produire une boisson alcoolisée (Serçe et al., 2010; Takrouni et Boussaid., 2010). Il sert également à la confection des marmelades et des gelées (Mingaud., 1865 ; Reynaud., 2002), des sirops d'agrément, liqueur surfine, vin de dessert, vin blanc, vin rouge, sucre, eau-de-vie, alcool et vinaigre (Mingaud., 1865).

I.2.2. Composition chimique et valeur énergétique

De nombreuses études ont montré que l'arbose est une source de plusieurs éléments importants (tableau I). En effet, ce fruit contient entre autre une quantité importante en vitamines tels que la vitamine C et la niacine (Alarcao-E-Silva et al., 2001), et des composés phénoliques comme les anthocyanes, dérivés de l'acide gallique, tanins et flavonoïdes. (Oliveira et al ., 2009).

L'arbose apparaît comme l'un des fruits frais qui fournit beaucoup de calories (86,4 cal /100g) (Bizouard et favier, 1962). Cette valeur énergétique est apportée essentiellement par les glucides. La richesse relative des graines en lipides (40%) permet d'extraire une huile d'arbose (Tonelli et Gallouin., 2013). (Tableau I)

Tableau I : Composition chimique de l'arbose (en %).

Composé	Teneur (%)	Référence
Eau	68,2	(Bizouard et favier, 1962)
Glucides :	42 - 52	(Alarcao-E-Silva et <i>al.</i> , 2001; Ayaz et <i>al.</i> , 2000)
- Saccharose	1,8	
-Glucose	21,5	
-Fructose	27,8	
-Maltose	1,11	
Protéines	6,8	(Boubaker et <i>al.</i> , 2004)
Lipides	2,9	(Fuentes, 1994)
Minéraux (Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Zn ²⁺ ,...)	2,82	(Ozcan et Hacisferogullari, 2007)
Fibres	36,7	(Boubaker et <i>al.</i> , 2004)

Chapitre II : Généralités sur le yaourt

II.1. Définition

Selon le Codex Alimentarius, la dénomination yaourt ou yoghurt est donnée selon la norme A-11 de 1975 comme suit: Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais et du lait pasteurisé (concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition de lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc. Dans le produit fini, les microorganismes doivent être viables et abondants (Vignola.,2010).

II.2. Composition biochimique

La composition physicochimique d'un pot de yaourt est présentée dans le tableau (Laurence et al .,2004).

Tableau II : Composition physicochimique du yaourt (Laurence et al .,2004).

Composition	Teneur
Protéines	4%
Lipides	0-4 g
Cholestérol	15 mg
Glucides	5-18%
Lactose	3%
Teneur en matière sèche laitière	10-16%
Calcium	155-200 mg (17 à 24%)
Vitamines	A, D, B (B2, B12)
Calorie pour 100 g	90 Kcals

II.3. Intérêt nutritionnel

Selon **Jeantet *al.* (2008)**, un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait.

Tout en procurant un réel plaisir gustatif, le yaourt est l'un des produits laitiers les plus digestes et ses bienfaits nutritionnels sont nombreux :

- Il contribue à l'équilibre de la flore intestinale et régularise le transit ;
- Il entretient les muscles et les organes vitaux grâce à sa teneur intéressante en protéines ;
- Il favorise le bon développement de l'enfant et de l'adolescent, et aide les adultes à conserver une bonne densité osseuse par le calcium et les protéines qu'il apporte à l'organisme ;
- Certaines vitamines sont utilisées par les bactéries lactiques (vitamine B12) d'autre en sont produites (acide folique) (**Martin, 2004**).

II.4. Caractéristiques générales des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont les micro-organismes les plus utilisés pour la fabrication des laits fermentés. Dans le cas des yaourts, les bactéries utilisées sont les espèces: *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

II.4.1. Description de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*

Streptococcus salivarius ssp thermophilus est un cocci Gram positif, anaérobie facultative et immobile (**Roussel *et al.*, 1994**). C'est une bactérie dépourvu d'antigène de type D'et sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Elle est résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (**Dellaglio *et al.*, 1994**) et sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C (**Lamoureux, 2000**). Alors que, *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* est une bactérie thermophile, Gram positive et catalase négative, en forme de bâtonnets plus ou moins longue, et immobile. Elle est très exigeante en calcium et en magnésium, et sa température optimale de croissance et d'environ 42°C (**Marty-Teyssset *et al.*, 2000**).

II.4.2. Comportement associatif des bactéries du yaourt

La stimulation de *Streptococcus thermophilus* par *Lactobacillus bulgaricus* est réalisée grâce à l'activité protéolytique de ce dernier, qui libère des peptides et des acides aminés au

profit du streptocoque. En retour, *S. thermophilus* fournit de l'acide formique et du CO₂ qui vont stimuler la croissance de *Lactobacillus bulgaricus* (Béal et Sodini, 2012).

II.4.3. Rôle des bactéries du yaourt

Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus* sont des bactéries homofermentaires à plusieurs rôles :

II.4.3.1. Production de l'acide lactique

C'est la fonction principale des bactéries lactiques. L'acide lactique est un acide organique qui permet de conserver et de concentrer la matière sèche du lait, il déstabilise les micelles de caséines, ce qui mène à la formation du gel (Lamontagne et al., 2002 ; Béal et Sodini, 2012).

II.4.3.2. Activité protéolytique

Les bactéries lactiques possèdent des endopeptidases associées aux enveloppes cellulaires et des exopeptidases liées aux parois, et un équipement intracellulaire comportant lui aussi des amino-peptidases servant à l'hydrolyse des polypeptides ou des protéines. Cette activité entraîne une augmentation de la teneur en acides aminés libres (Lamontagne et al., 2002) .

II.4.3.3. Activité lipolytique et estérasique

Les activités lipasiques des bactéries lactiques seraient impliquées dans la production des acides gras de longues chaînes à partir des mono- et di- glycérides alors que les activités estérasiques libèrent les acides gras libres (Kamaly et Marth, 1989; Stead, 1986).

II.4.3.4. Production des composants aromatiques

Ces bactéries produisent des composés secondaires tels que le diacétyl, l'acétaldéhyde, la cétone et la cétoïne ; ces composés participent au développement de la saveur et de l'arôme du yaourt (Lamontagne et al., 2002; Sodini et Béal, 2012).

II.4.3.5. Production d'agents texturants

Certaines bactéries lactiques produisent des polysaccharides qui jouent le rôle d'agents de texture et donnent au produit fini des caractères rhéologiques particuliers modifiant la

viscosité. Il est couramment admis que dans les laits fermentés, cette fonction est exercée par *Streptococcus thermophilus* (Lamontagne et al., 2002 ; Sodini et Beal, 2012).

II.5. Technologie du yaourt

La fabrication du yaourt est un procédé qui nécessite la maîtrise de chaque étape pour avoir un produit fini conforme qui répond à l'attente du consommateur. Pour cela, toutes les connaissances et les progrès réalisés dans le domaine doivent être exploités. Le procédé de fabrication du yaourt diffère d'un yaourt à un autre (yaourt brassé, yaourt ferme, yaourt fruité, etc.), les principales étapes sont illustrées dans le diagramme de la figure 2.

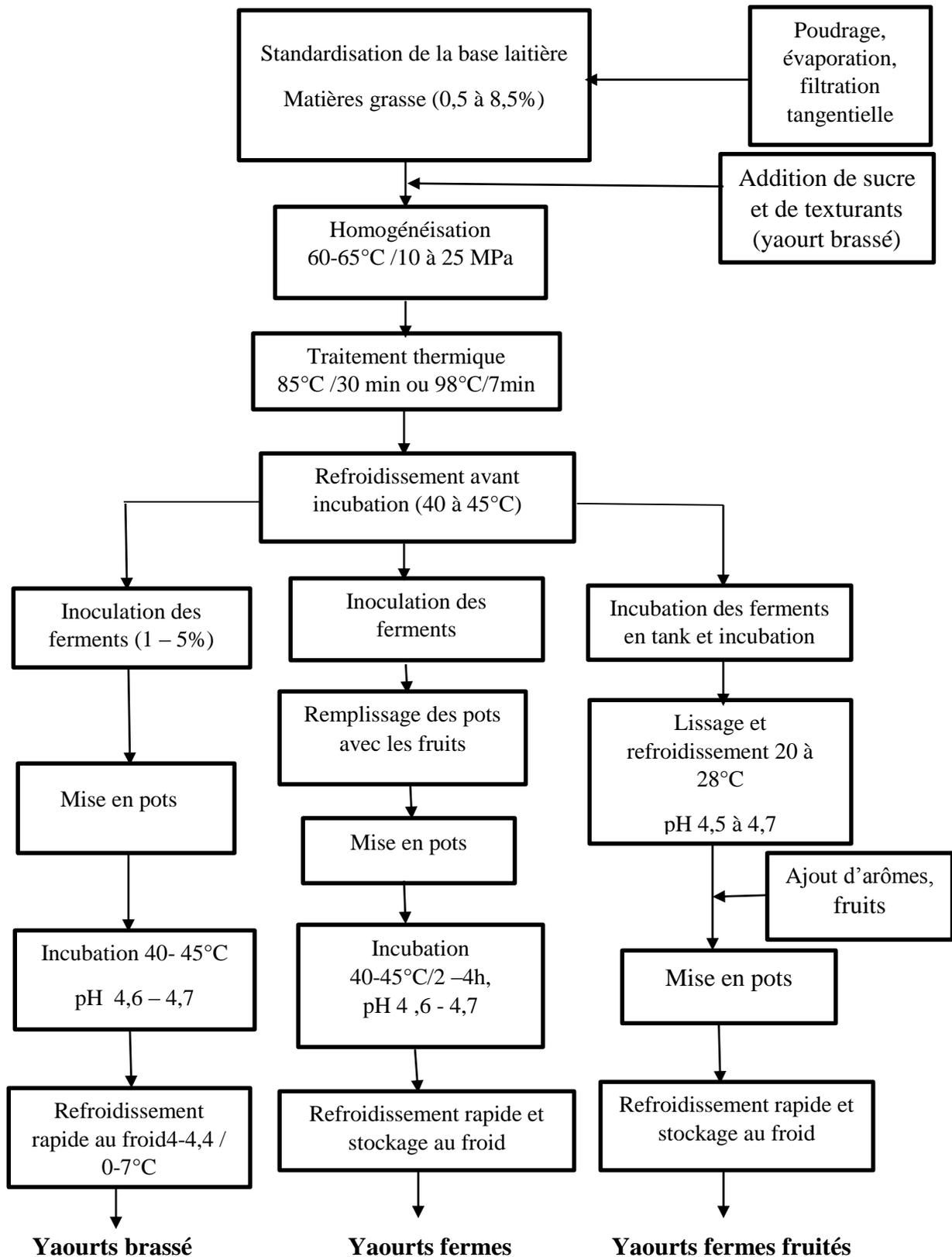


Figure 2: Diagramme présentant la technologie du yaourt (Jeantet .,2008).

III. Matériel et méthodes

III.1. Matériel

III.1.1. Description du matériel végétale

L'arbose est une baie sphérique de 2 à 3 cm de diamètre, de couleur orange à rouge et une peau (épicarpe) hérissée de tubercules pyramidaux siliceux (figure 3).

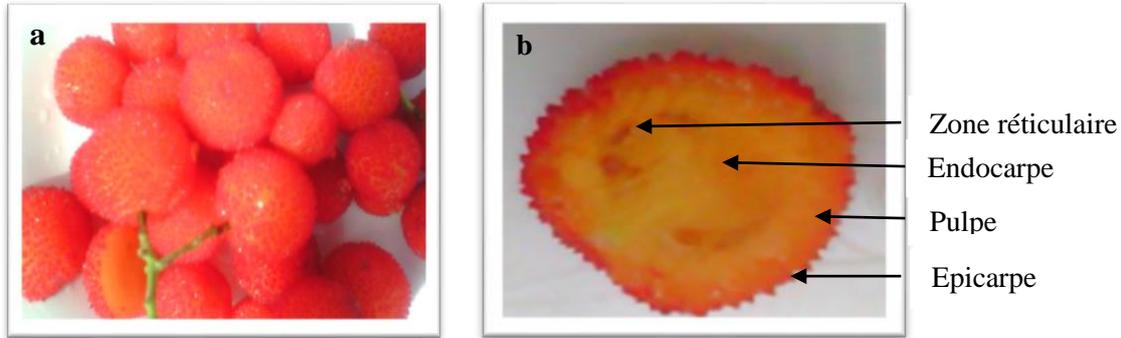


Figure 3: Photographie de l'arbose ((a) : Arbose entier, (b): Coupe frontale d'une baie d'arbose).

III.1.2. Récolte des échantillons

Les échantillons ont été récoltés le 9 octobre 2016 dans la région de Toudja située à seize kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Bejaia. Ce site est une montagne où les conditions climatiques favorisent la croissance d'*Arbutus unedo* et la maturation de ses fruits.

Les échantillons récoltés ont été nettoyés avec de l'eau, puis conservés dans un congélateur à -20°C jusqu'au moment de l'utilisation.

III.2. Méthodes

Le présent travail se penche d'abord sur la formulation d'un yaourt brassé à base d'arbose, puis l'étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles de ce yaourt. En parallèle, la détermination de la teneur en composés phénoliques et de l'activité antioxydante des extraits d'arbose et du yaourt élaboré a été réalisée.

III.2.1. Fabrication des yaourts

La préparation des yaourts a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia, en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt

standard avec l'ajout d'arboise frais. Les ingrédients utilisés pour la préparation de ce yaourt sont le lait de vache, le yaourt nature et du sucre cristallisé.

Les étapes de fabrication d'un yaourt non aromatisé et d'un yaourt à base d'arboise frais sont résumées sur la figure 8.

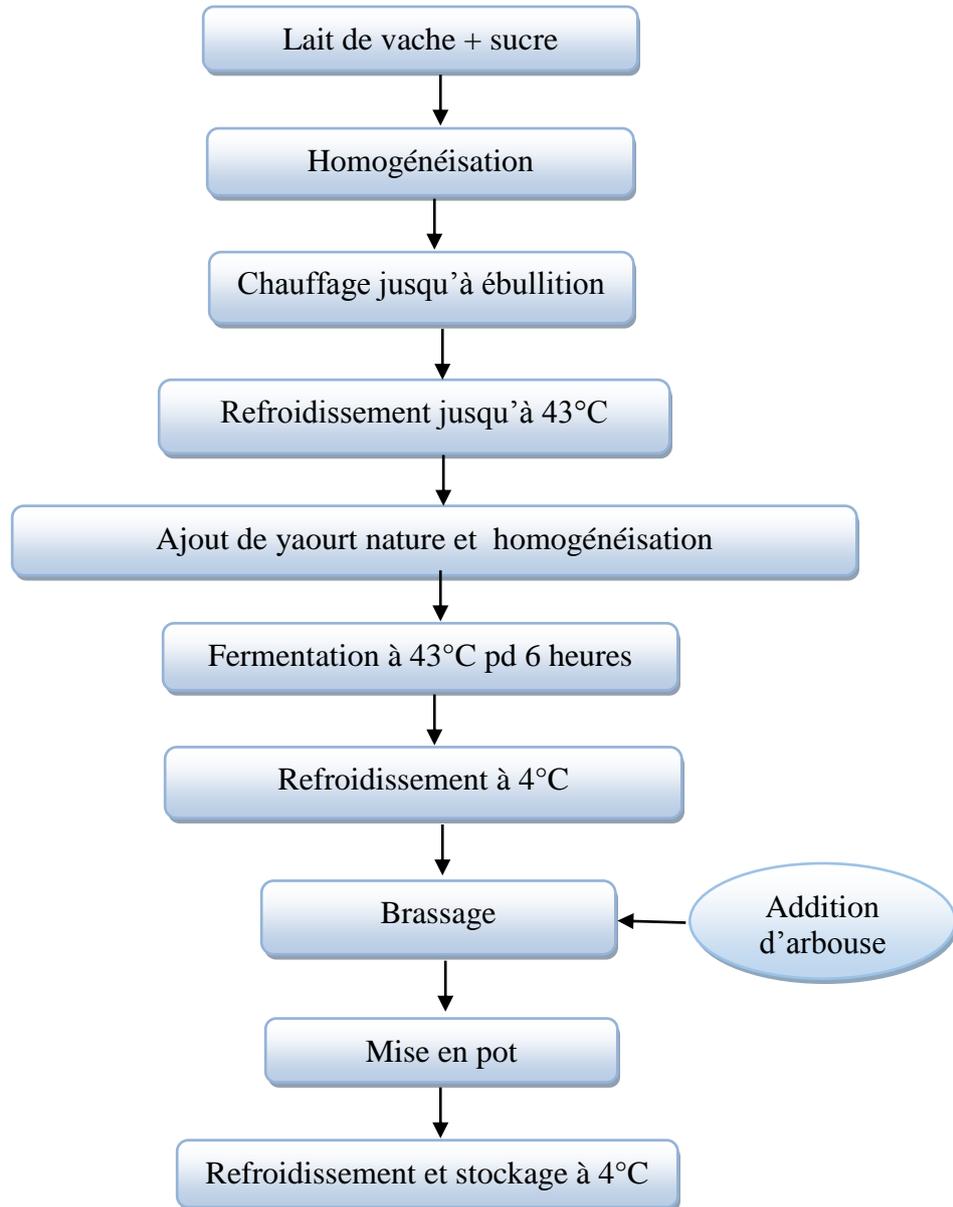


Figure 8: Diagramme de fabrication d'un yaourt brassé à base d'arboise (pd : pendant).

III.2.2. Analyses physico-chimiques

III.2.2.1. Détermination de la teneur en eau

- **Principe**

La méthode consiste à éliminer l'eau contenue dans un échantillon donné par chauffage dans une étuve ventilée à 105°C jusqu'à ce que la masse de cet échantillon reste constante (NF V 18-109, 1982).

- **Mode opératoire**

Afin de déterminer la teneur en eau (humidité) présente dans les échantillons (arbose et yaourt), deux boîtes de Pétrie en verre vides ont été d'abord séchées dans l'étuve pendant 15 minutes à 105°C. Ensuite, 1 g de chaque échantillon est pesé dans une boîte de Pétrie, qui sont placées dans l'étuve à 105°C jusqu'à ce que le poids soit stable (NF V 18-109, 1982).

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{(M_1 - M_2)}{P} \cdot 100$$

Soit,

H: Humidité (%).

M₁ : Masse de la boîte de Pétrie + échantillon avant séchage (g).

M₂ : Masse de la boîte de Pétrie + échantillon après séchage (g).

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

III.2.2.2. Détermination du pH

- **Principe**

La détermination du pH est basée sur la détermination de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans un échantillon. Cette analyse est réalisée dans le but de déterminer l'aptitude des quelque aliments à la conservation (NF V 05-108, 1970).

- **Mode opératoire**

La sonde du pH-mètre est immergée directement dans chaque échantillon (lait, yaourt et arbose), ensuite la valeur du pH a été directement affichée sur l'écran du pH-mètre.

III.2.2.3. Détermination de la teneur en cendres

- **Principe**

La détermination du taux de cendres consiste à faire calciner les échantillons dans un four à moufle à 900°C jusqu'à obtention d'une cendre blanche à grise (NF V05-113, 1972).

- **Mode opératoire**

Pour la détermination du taux de cendres, 1 g d'arbose et du yaourt à base d'arbose a été pesé dans des creusets, qui sont placés ensuite dans un four à moufle à 900°C pendant 1 h:30 min. Le taux de minéraux est calculé selon la formule suivante:

$$Cd\% = \frac{(M1 - M2)}{P} \times 100$$

Tels que,

Cd: Teneur en cendres (%).

M1 : Masse du creuset + cendres (g).

M2 : Masse du creuset vide (g).

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

III.2.2.4. Mesure de l'acidité titrable

- **Principe**

L'acidité du yaourt est exprimée par le degré Dornic (D°) ; elle correspond à la quantité d'acide lactique contenu dans ce yaourt. Pour la déterminer, un titrage acido-basique du yaourt analysé a été réalisé en utilisant une solution basique de NaOH.

- **Mode opératoire**

10 mL d'eau distillée sont ajoutées à 5 g de yaourt à base d'arbose. Deux à trois gouttes de phénolphtaléine ont été également ajoutées, puis le mélange est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) (1N) jusqu'au virage de la couleur vers un rose qui persiste quelques secondes (NF V 04-206, 1969).

La mesure de l'acidité titrable est déterminée selon la formule suivante :

$$D^{\circ} = (N.V .100/20) .10.0.9$$

Avec,

N : Normalité de NaOH (N) ;

V : Volume de NaOH titré (mL) ;

100 : Masse molaire de l'acide lactique (g/mol) ;

20 : Volume d'eau distillée ajoutée à 2 g de yaourt (mL).

III.2.2.5. Dosage des protéines brutes

- **Principe**

La méthode utilisée pour le dosage des protéines brutes est celle de Kjeldahl. Elle est basée sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique et en présence d'un catalyseur (sélénium) (**Lecoq, 1965**).

- **Mode opératoire**

Pour déterminer la quantité de protéines contenues dans un échantillon, nous avons procédé au dosage de l'azote total par la méthode de **Kjeldahl (1883)**. Cette dernière s'effectue en trois étapes : la digestion (minéralisation), la distillation et la titration.

- **Minéralisation**

Dans un matras de **Kjeldahl**, 0,5 g de l'échantillon broyé, 2 g de catalyseur et 20 mL de H₂SO₄ concentré (97 %) ont été introduits ; ce mélange présente alors une couleur noire. Ensuite, le matras est chauffé jusqu'à ce que ce mélange soit limpide, à ce moment-là l'azote organique est transformé en azote minéral. Après refroidissement, l'échantillon minéralisé est transféré dans une fiole, puis le volume est ajusté à 100 mL avec l'eau distillée.

- **Distillation**

Elle se fait dans une unité de distillation BÜCHI Distillation Unit B-324. Dans un matras, 20 mL du contenu de la fiole, 50 mL d'eau distillée et 50 mL de la soude (40%) ont été introduits. En parallèle, 20 mL d'acide borique (H₃BO₃) (4%) avec quelques gouttes d'indicateurs colorés (rouge de méthylène et bleu de méthylène) ont été ajoutés.

La distillation s'arrête au bout de 4 minutes à compter du début d'ébullition.

- **Titration**

Elle consiste à titrer l'excès des anions de borate, utilisé dans l'étape de distillation, par l'acide sulfurique (0.02 N) jusqu'au virage de la couleur du vert au rose-violet.

Le taux d'azote total est déterminé selon la formule suivante :

$$N\% = \frac{(V_1 - V_0)0,28}{P_{\text{essai}}} \times 100$$

Tels que,

N : Pourcentage d'azote (%).

V₁ : Volume d'acide sulfurique utilisé pour l'échantillon (mL).

V₀ : Volume d'acide sulfurique utilisé pour le témoin (mL).

P_{essai} : Masse de la prise d'essai (g).

Le taux d'azote total est converti en taux de protéines brutes selon la formule suivante :

$$\text{Taux de protéines brutes P (\%)} = \text{N total (\%)} \times 6,25$$

Où, 6,25 est un facteur de conversion basé sur le taux moyen d'azote des protéines.

III.2.3. Analyse phytochimique

III.2.3.1. Extraction

L'extraction a été réalisée selon la méthode modifiée de **Soares et al. (2009)**. La méthode consiste à faire macérer 5 g d'arbose dans 100 mL d'eau distillée sous agitation magnétique pendant 24h. Après macération, l'extrait a été filtré à l'aide d'un papier filtre.

Pour le yaourt préparé, la méthode d'extraction utilisée est celle décrite par **Zainoldin (2009)**. Elle consiste à ajouter 2,5 mL d'eau distillée à 10 g de yaourt. Après agitation, le pH de ce mélange est ajusté à 4 avec une solution d'HCl (1N), ensuite incubé à 45°C pendant 10 minutes suivie d'une centrifugation (10000 rpm, 20 minutes, 4°C). Le surnageant est récupéré puis son pH est ajusté à 7 avec une solution de NaOH (1 N). Une deuxième centrifugation a été réalisée (10000 rpm, 20 minutes, 4°C) et le surnageant est récupéré, et sera utilisé pour des analyses ultérieures.

III.2.3.2. Dosage des polyphénols totaux

- **Principe**

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, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de

molybdène (Mo_8O_{23}). La présence de carbonate de sodium rend le milieu légèrement alcalin (Vermeris et Nicholson, 2008).

- **Mode opératoire**

La teneur en composés phénoliques totaux a été déterminée selon la méthode décrite par Singleton et Rossi (1965) (figure 4). Elle est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (annexe 1). Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

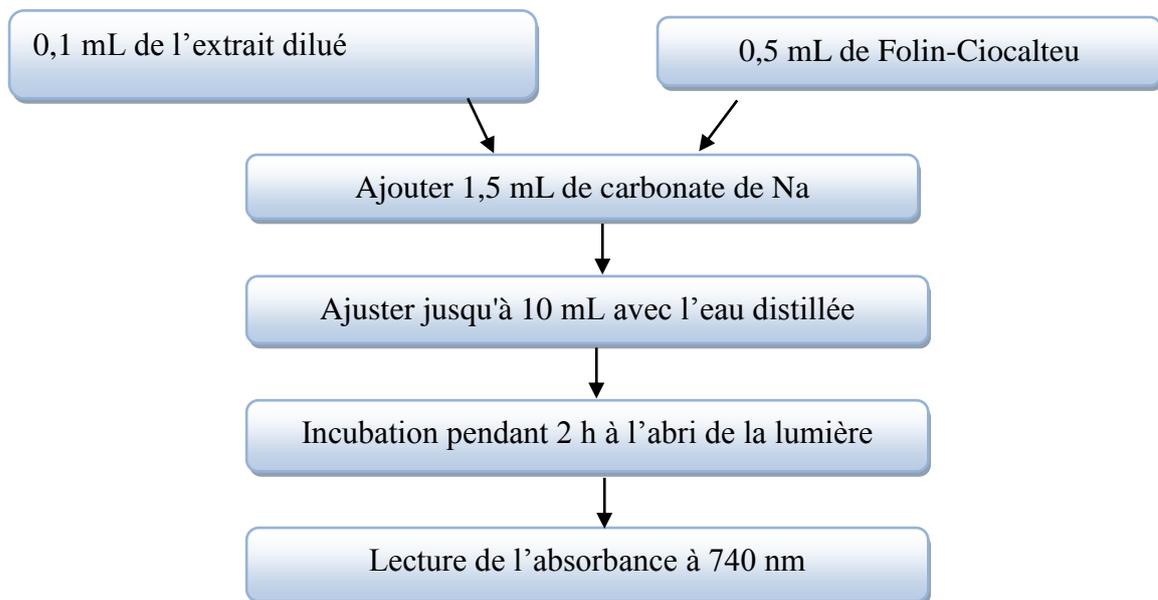


Figure 4: Schéma représentatif du protocole de dosage des polyphénols totaux (Singleton et Rossi, 1965).

III.2.3.3. Activité antioxydante

Afin d'évaluer l'activité antioxydante de l'arboise, deux tests ont été utilisés à savoir : le pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium et le test antiradicalaire ou DPPH'.

a. Test au phosphomolybdate d'ammonium

- **Principe**

Le test du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium repose sur la réduction du molybdate sous la forme Mo^{6+} vers la forme Mo^{5+} par des substances organiques antioxydantes. En milieu acide, il y a formation d'un complexe phosphate-

Mo^{5+} qui se traduit par une coloration verte dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (Bougatf et al., 2009).

- **Mode opératoire**

La méthode utilisée dans ce présent travail est celle décrite par Silici et al. (2010) (figure 5). Un mélange de réactifs formé de phosphomolybdate d'ammonium, de phosphate de sodium et d'acide sulfurique a été utilisé.

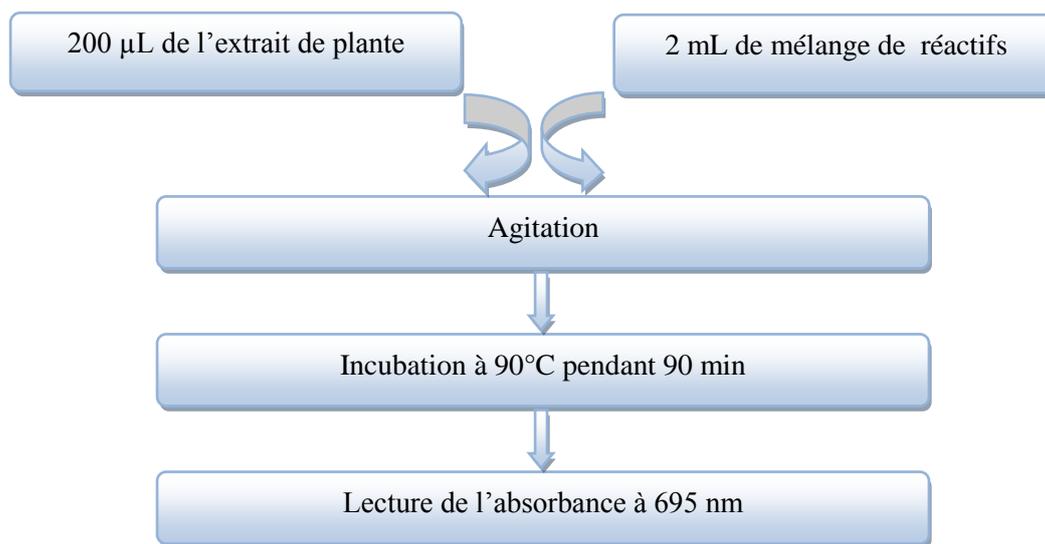


Figure 5: Schéma représentatif du protocole expérimental du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium (Silici et al., 2010).

b. Test utilisant le radical DPPH[•]

- **Principe**

Le DPPH[•] (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH[•] est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH[•] qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon (Chaabi, 2008) (figure 6).

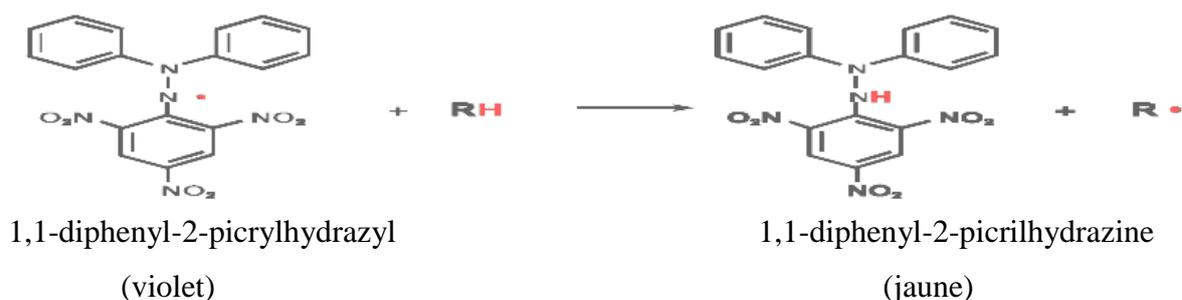


Figure 6 : Mécanisme réactionnel de réduction du radical DPPH[•] (Molyneux., 2004).

- **Mode opératoire**

L'activité antiradicalaire du DPPH^{*} a été mesurée selon la procédure rapportée par Blois (1958) (figure 7).

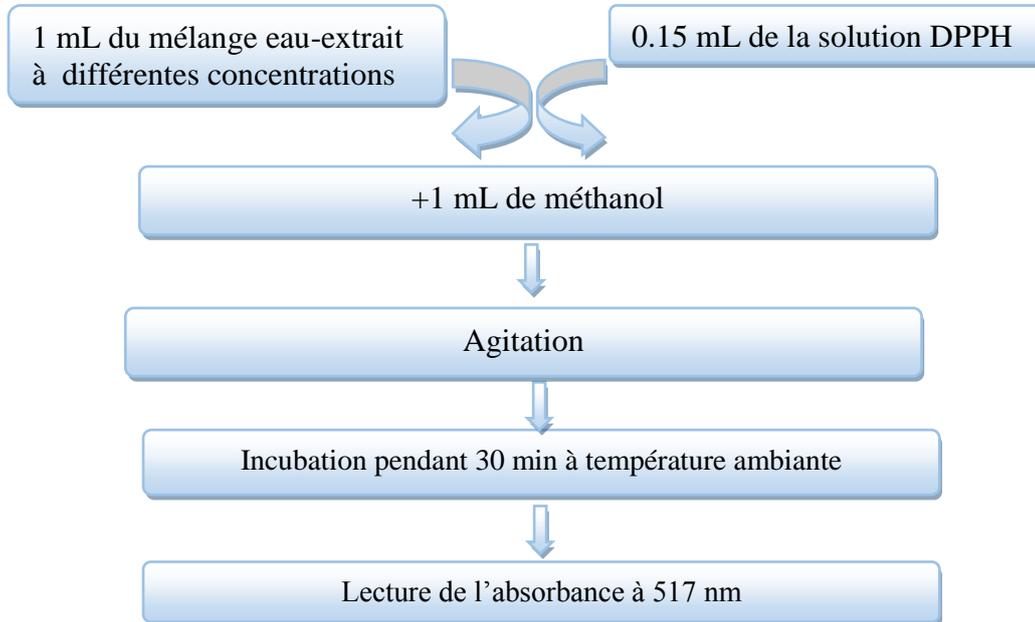


Figure 7: Schéma représentatif du protocole expérimental de l'effet scavenger vis-à-vis du DPPH^{*} (Blois, 1958).

III.2.4. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que les yaourts préparés ainsi que le lait et l'arbouse utilisés présentent une bonne qualité hygiénique. La recherche de *Lactobacillus bulgaricus* a été faite juste pour les deux yaourts.

Le tableau III illustre l'ensemble des germes recherchés et dénombrés dans les différents échantillons.

Tableau III : Analyses microbiologiques du lait, de l'arbose et des deux yaourts.

Germes recherchés	Milieux utilisés	Température d'incubation (°C)	Durée d'incubation
Coliformes totaux	VRBL	37	48h
Flore totale aerobie mésophile	PCA	37	24h
Les clostridium sulfito réducteurs	VF	37	48h
Levures et moisissures	SABOURAUD	25	4 à 5 jours
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	MRS	37	72h

VRBL : Milieu Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre, **PCA** : Plate Count Agar, **VF** : Viande Foie, **MRS**: Gélose de Man, Rogosa , Sharpe.

Le comptage des colonies se fait par la loi :

$$\text{UFC/ml} = \frac{\sum \text{Nombre de colonie}}{\text{Volume titré} \times \text{Facteur de dilution}}$$

III.2.5. Analyses sensorielle

Dans le but d'évaluer les caractéristiques organoleptiques du yaourt à base d'arbose, une analyse sensorielle a été effectuée. Deux types de yaourt ont été préparés : Un yaourt brassé fruité à base d'arbose (B) et un yaourt témoin(A) préparé de la même manière que le précédent, mais sans l'ajout d'arbose.

L'analyse sensorielle de ces deux types de yaourt a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia par 11 panels experts. A cet effet, une épreuve par paire a été réalisée, chaque juge reçoit un yaourt à base d'arbose et un yaourt témoin simultanément. Les panélistes est appelé à analyser les échantillons en respectant les étapes décrites dans le questionnaire (annexe 4).

Cette analyse a été effectuée en deux jours où nous avons tenu à respecter les conditions d'analyse essentiellement : L'hygiène, l'isolement des juges (cabines de dégustation), le calme et l'anonymat des échantillons.

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traitées en utilisant le logiciel XL STAT version 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques, impliqués dans les études de marketing et l'analyse du comportement des consommateurs. Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une

interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Cependant, tous les calculs mathématiques sont réalisés en dehors d'Excel. L'accès aux différents modules est possible grâce à des menus et à des barres d'outils (**Addinsoft., 2013**).

Les principales fonctionnalités de ce logiciel, utilisées pour interpréter les résultats de l'analyse sensorielle effectuée sont: Plan d'expérience, Caractérisation de produits, Analyse en composante principale (ACP), Classification ascendante hiérarchique (CAH) et Préférence MAPPING (PREFMAP).

III.2.6. Analyse statistique

La moyenne et l'écart type pour chaque test ont été calculés par Microsoft Excel 2013. Les différents résultats obtenus pour les échantillons ont été comparés par une analyse de la variance (ANOVA) effectuée avec le logiciel Statistica 5.5 et les valeurs P inférieures à 0,05 ont été considérées comme significatives.

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Analyses physico-chimiques

IV.1.1. Détermination de la teneur en eau

Le taux d'humidité conditionne les paramètres de conservation des fruits pour éviter d'éventuelles pertes économiques et nutritionnelles causées par des altérations microbiennes et/ou des activités enzymatiques des fruits conservés comme dans notre cas l'arbouse congelé (**Doukani et Tabac .,2014**)

Les résultats du test d'humidité sont présentés sur la figure 9.

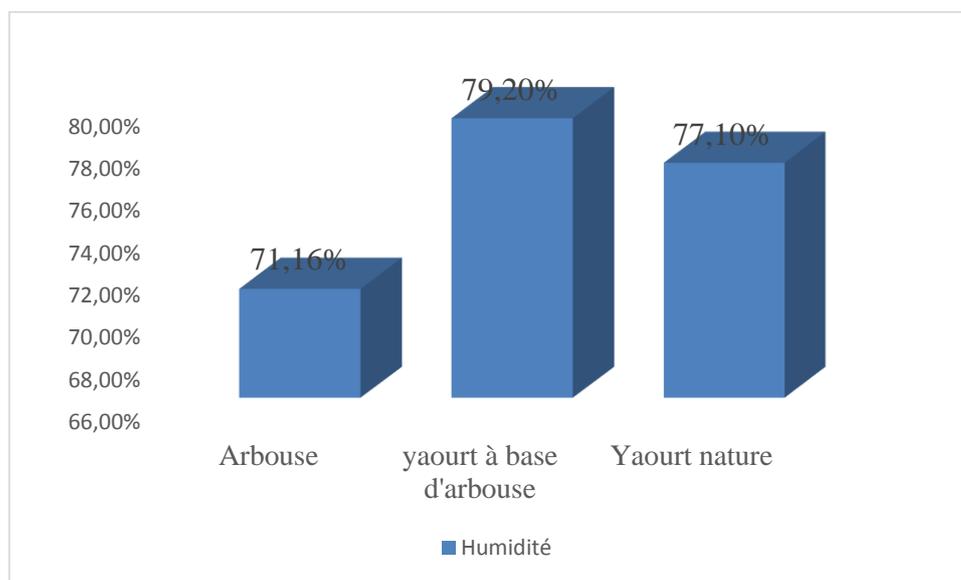


Figure 9 : Taux d'humidité dans l'arbouse, le yaourt à base d'arbouse et le yaourt nature

Les résultats illustrés sur la figure 9 montrent que l'arbouse présente une teneur en eau de 71,16%.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **Rodriguez et Traverset (2001)** qui sont situés entre 46.82 et 71.89 %. Dans une autre étude réalisée par **Bizouard et Favier (1962)**, l'arbouse présente un taux d'humidité de l'ordre de 68,2%. Alors que **Barros et al. (2010)** ont trouvé un résultat plus faible, soit 59.7 %.

Selon **Bretaudeau et Fauré (1992)**, c'est l'eau qui tient en solution tous les sels minéraux, les sucres, les enzymes et d'autres composés dans les fruits. Les pourcentages

d'eau sont de l'ordre de 80 à 90 % pour les fruits charnus, bien moins élevés mais très variables pour les fruits secs tels que les dattes de 5 à 50%. L'arbouse apparaît comme l'un des fruits frais les moins hydratés.

D'après **Athamena (2009)**, les facteurs qui peuvent influencer la teneur en eau sont: l'âge de la plante, la période du cycle végétatif, les facteurs génétiques et les conditions environnementales (exposition aux différentes conditions pédoclimatiques et répartition géographique).

La figure 9 montre également que le yaourt à base d'arbouse présente une teneur en eau de 79,2%.

Dans leur étude, **Bourlioux et al. (2011)** ont montré que le yaourt présente une teneur en eau qui varie de 80 à 90%.

IV.1.2. Détermination du pH

Le pH est un paramètre déterminant de l'aptitude des aliments à la conservation, il constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération. Ainsi, un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et moisissures (**Giddey, 1982**).

Les résultats de ce test sont présentés sur la figure 10.

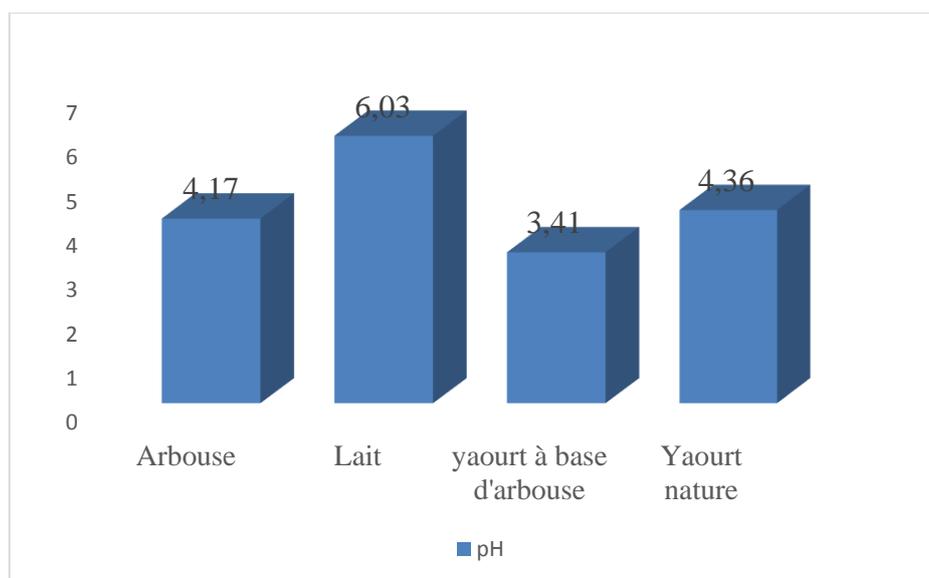


Figure 10: pH de l'arbouse, du lait, du yaourt à base d'arbouse. Et du yaourt nature

D'après les résultats illustrés sur la figure 10, le pH de l'arbose est 4,17. Ceci montre clairement que l'arbose est un fruit acide. Cette valeur est inférieure à celle trouvée par **Ozcan et Haciseferoğulları (2007)**, qui est de $4.6 \pm 0,1$.

D'après **Huberson (2008)** et **Messaïd (2008)**, les différences notées dans les valeurs de pH sont tributaires d'un grand nombre de facteurs parmi lesquels: la région, les conditions climatiques et l'état de maturation du fruit.

La figure 10 montre aussi que les valeurs de pH des yaourts nature et à base d'arbose sont respectivement de 4,36 et 3,41. Nous remarquons bien que le pH du yaourt nature 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 4,17. Ces valeurs sont conformes aux normes du JORA (**1998**) qui se situe entre 4,3 et 4,8, et s'accordent avec celles rapportées par **Jimoh et kolapo (2007)** qui sont entre 3,4 et 5,7.

Ces résultats témoignent donc du respect des étapes de fabrication : temps d'incubation et taux de ferments lactiques suffisants pour atteindre le pH convenable. Cela signifie aussi que le yaourt est de bonne qualité microbiologique.

Le pH joue un rôle non négligeable dans la qualité organoleptique du yaourt (**Doukani et Tabac .,2014**)

D'après toujours la figure 10, le lait de vache utilisé pour l'élaboration des deux yaourts présente un pH de 6,03. Cette valeur n'est pas dans l'intervalle donné par l'AFNOR (**1984**), qui est de 6,6-6,8.

IV.1.3. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable nous renseigne sur la quantité d'acide lactique présent dans le yaourt, la fédération Internationale de lait (F.I.L) préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique.

Les résultats de la détermination de l'acidité titrable sont présentés dans le tableau IV.

Tableau IV : Résultat de l'acidité titrable.

Echantillon	Acidité titrable (°D)	Norme (JORA)
Lait	17	15-18
Yaourt nature	80	78-100
Yaourt à base d'arbose	92	/

La valeur de l'acidité titrable obtenue pour le yaourt nature et le yaourt à base d'arbose sont respectivement 80°D et 92°D. Cette différence dans l'acidité titrable 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 78-100°D.

Selon **Mahaut et al. (2000)**, le pH et l'acidité peuvent être influencés par plusieurs facteurs comme la charge microbienne initiale du lait, le lait et les conditions d'hygiène de manipulation.

D'après toujours les résultats du tableau IV, le lait de vache utilisé présente une acidité titrable de 17°D, qui est conforme à la norme du **JORA (1998)** (15-18°D).

Nous remarquons que l'acidité dornic passe de 17°D pour le lait à 80°D pour le yaourt nature, cela est dû à entre autres à l'activité des bactéries lactiques qui sont présentes dans le yaourt.

IV.1.4. Teneur en protéines

La teneur en protéines trouvée dans ce présent travail est de 9,27%. Cette teneur est supérieure à celle fixée par le **Codex Alimentarius (2000)** qui est de 2,7%. Cette différence pourrait être due à la nature du lait utilisé dans la fabrication du yaourt qui est un lait de vache entier contenant une teneur importante en matière azotée.

IV.1.5. Taux de cendres

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

Les résultats de la détermination du taux des cendres sont présentés dans le tableau V.

Tableau V: Résultats du taux de cendres.

Echantillon	Taux de cendres
Arbouse	0,3%
Yaourt nature	—
Yaourt à base d'arbouse	2%

Le tableau montre que le contenu minéral de l'arbouse est 0.3 %. Cette valeur est inférieure à celle trouvée par **González et al. (2011)** qui est de 0.56% et celle trouvée par **Barros et al. (2010)**, 1.71%.

Selon **Bezzala (2005)**, la variation de la teneur en cendres d'un fruit peut s'expliquer par la provenance géographique des échantillons, les conditions climatiques et les caractères édaphiques des sols et d'après **Athamena (2009)**, ces variations peuvent être dues à certains facteurs écologiques, l'âge de la plante, la période du cycle végétatif, ou même à des facteurs génétiques.

IV.2. Analyses phytochimiques

IV.2.1. Taux de polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux exprimée en mg EAG/g MS donne une estimation globale de la teneur de différentes classes des composés phénoliques contenus dans les extraits analysés.

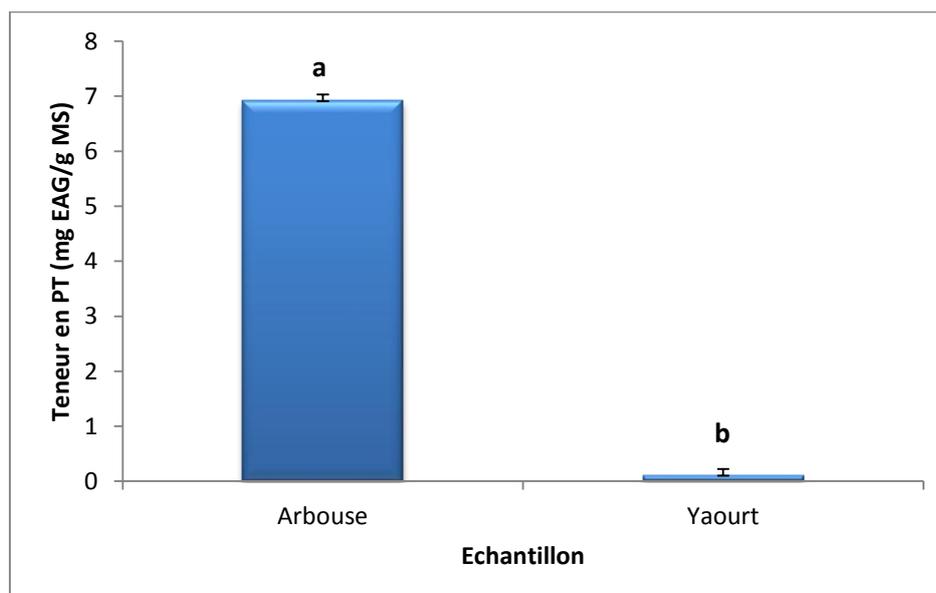


Figure 11 : la teneur en polyphénols totaux dans les extraits d'arbouse et le yaourt à base d'arbouse (PT: Polyphénols Totaux, EAG : Equivalent Acide Gallique, MS : Matière Sèches). Les lettres a et b indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

D'après les résultats présentés dans la figure 11, la teneur en polyphénols totaux dans l'arbose est $11,46 \pm 1,006$ mg EAG/g MS. Ces résultats se rapprochent de ceux cités par **Alarcão-E-Silva et al.(2001)**, **Tavares et al.** et **Orak et al.(2010)** qui ont trouvé respectivement $15.5 \pm 0,6$, 18 et 14.29 mg EAG/g MS. En revanche, les résultats trouvés dans ce présent travail sont nettement inférieurs à ceux trouvés par **Barros et al.**, **Heinrich et al.** et **Serçe et al.(2010)** pour le même fruit, qui sont de l'ordre de 126.83, 37.36 et 16.56 mg EAG/g d'extrait respectivement. Des études faites par **Aganga at Mosase, Pedneault et al. (2003)**, et **Giddey (1982)** ont montré que les facteurs extrinsèques (géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, et également le degré de maturation du fruit et la durée de son stockage ont une forte influence sur le contenu en polyphénols totaux.

La quantité de polyphénols totaux obtenus dans le yaourt à base d'arbose est de $0,11 \pm 0,01$ mg EAG/g MS. Cette valeur est inférieure à celle obtenue pour l'extrait d'arbose qui est de $11,46 \pm 1,006$ mg EAG/g MS. La teneur du yaourt préparé en polyphénols est diminuée par rapport à la teneur initiale de l'arbose, ce qui laisse suggérer qu'une partie des polyphénols totaux s'est complexée avec d'autres constituants du yaourt.

L'étude statistique a montré qu'il y a une différence significative entre les deux extraits analysés ($p < 0,05$).

Selon **Serafini et al.(2003)**, il y a formation de complexes entre les polyphénols et les protéines du lait pendant le procédé de fabrication du yaourt et d'après **Brown et Wright (1963)**, les tanins interagiraient avec les caséines, les lactoglobulines et l' α -lactalbumine. D'autres observations ont permis de mettre en évidence l'existence de complexes polyphénols/polysaccharides (**Renard et al., 2001**).

IV.2.2. Activité antioxydante

IV.2.2.1. pouvoir réducteur

La capacité antioxydante s'exprime par la réduction de l'ion Mo^{6+} en ion Mo^{5+} . La complexation de ce dernier avec le phosphate aboutit à une couleur verte dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de l'extrait (**Prasad et al., 2009**).

Les résultats du test du pouvoir réducteur de l'extrait d'arbose et de l'acide gallique sont présentés sur la figure 12.

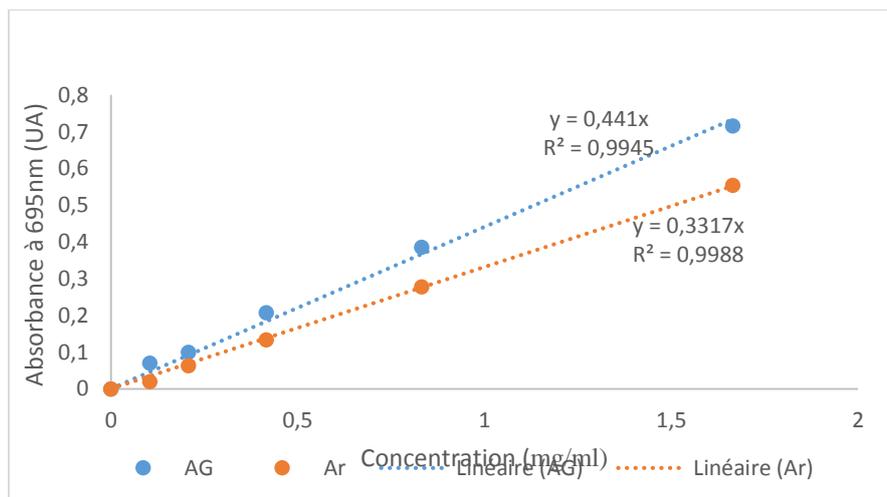


Figure 12: Pouvoir réducteur de l'extrait d'arbose avec l'acide gallique.

La figure 12 montre que l'absorbance de l'acide gallique et des extraits de l'arboisier augmente avec leur concentration. Elle montre également que l'extrait d'arbose présente un pouvoir réducteur inférieur à celui de l'acide gallique.

La capacité réductrice des antioxydants présents dans l'extrait d'arbose vis-à-vis du molybdate d'ammonium est en moyenne $6,62 \pm 2,03$ mg/g MS.

La figure présente le pouvoir réducteur pour le yaourt à base d'arbose (figure 13).

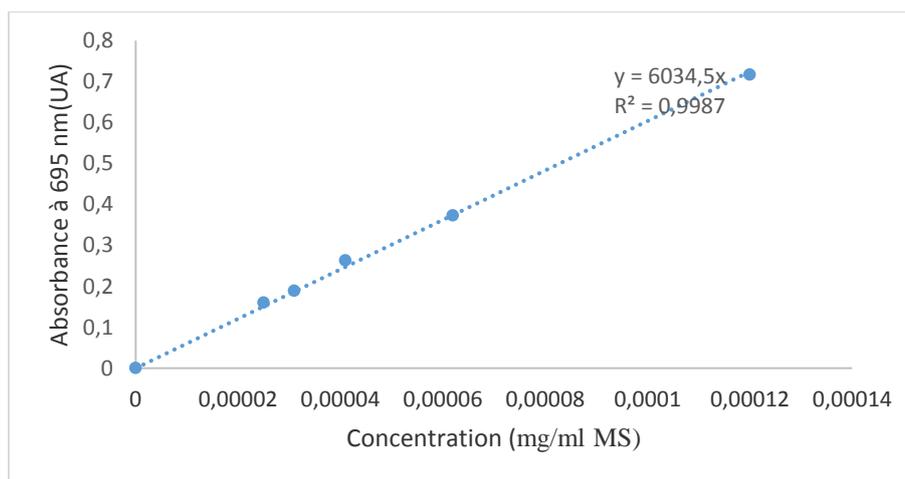


Figure 13: Pouvoir réducteur du yaourt à base d'arbose.

D'après les résultats obtenus pour l'extrait du yaourt à l'arbose, l'augmentation de la concentration est proportionnelle à l'augmentation de l'absorbance. Donc nous remarquons

que le pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium de l'extrait du yaourt élaboré augmente.

Une comparaison ne peut pas être faite entre le pouvoir réducteur de l'extrait d'arbose et l'acide gallique avec l'extrait de yaourt à base d'arbose parce que ce dernier ne se présente pas dans la même gamme de concentration.

IV.2.2.2. Test au DPPH•

La couleur du radical DPPH• change du pourpre au jaune en présence d'antioxydants. Le degré de décoloration indique le potentiel de l'effet scavenger de l'extrait, qui est dû à l'aptitude de l'antioxydant à céder un hydrogène au radical libre (Ajila et al., 2007). Le radical DPPH• est l'un des substrats les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (Doukani et al., 2014).

Les résultats obtenus pour ce test sont présentés dans la **figure14**.

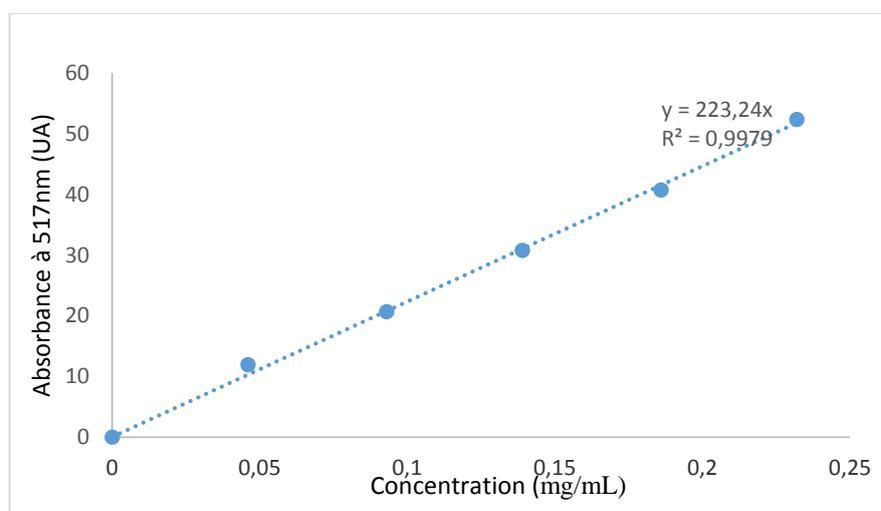


Figure 14 : Test utilisant le radical DPPH• de l'extrait d'arbose.

La figure montre que plus la concentration augmente plus l'effet scavenger de l'extrait d'arbose est important.

L'activité scavenger du radical DPPH• est largement utilisée Comme méthode de dépistage de base pour tester l'activité antioxydante. Le DPPH• est un radical synthétique stable qui possède un maximum d'absorption caractéristique entre 515 et 517 nm (Couleur

violette profonde), qui diminue de manière significative lors de l'exposition à des piègeurs de radicaux (se transformer en une hydrazine jaune). Le degré de la décoloration indique le potentiel scavenger de l'antioxydant (Mendes et al., 2011).

La figure représente les résultats du test DPPH[•] pour le yaourt à base d'arboise (figure15).

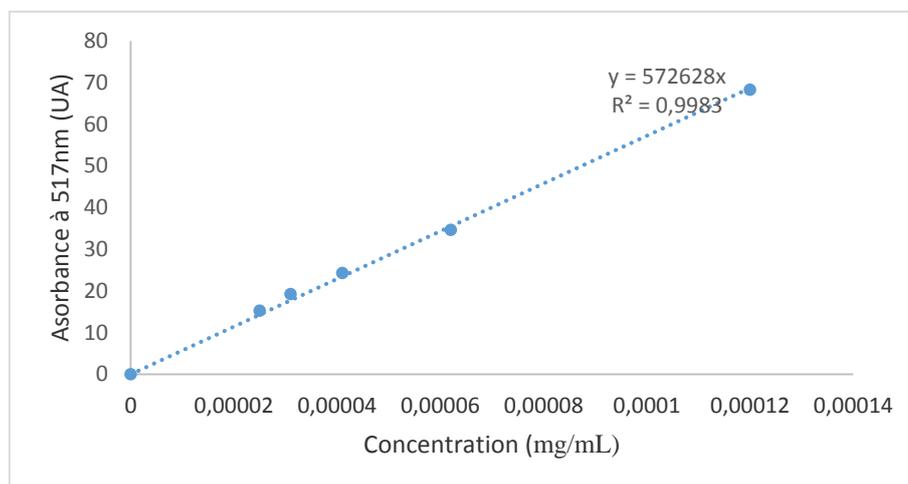


Figure 15: Test au DPPH[•] pour le yaourt à base d'arboise.

La figure 15 montre que plus la concentration augmente plus l'effet scavenger de l'extrait de yaourt d'arboise est important. Nous remarquons que l'extrait présente une gamme de concentration très faible témoignant d'une capacité antiradicalaire élevée de l'extrait de yaourt d'arboise.

Les résultats de ce test peuvent également être exprimés en termes d'IC₅₀ qui est défini comme étant la concentration de l'extrait nécessaire pour inhiber 50% du radical DPPH[•] (Andrade et al., 2009). Une faible IC₅₀ correspond à une forte capacité réductrice (Chang et al., 2007). Plus il y a apport d'antioxydants, plus les radicaux DPPH[•] sont réduits (Hayder et al., 2004).

La valeur d'IC₅₀ a été déterminée pour chaque extrait. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 16.

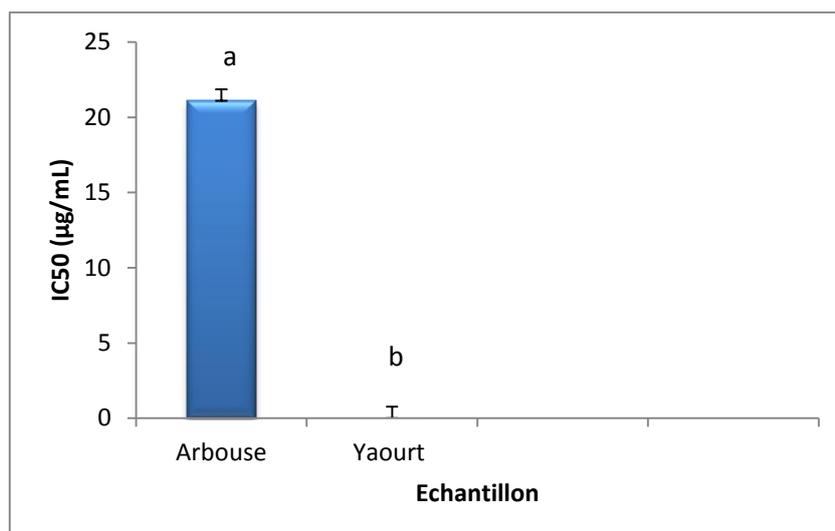


Figure 16 : les IC₅₀ de l'arbouse et du yaourt à base d'arbouse. Les lettres a et b indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

D'après les résultats obtenus, 50% du radical DPPH^{*} a été inhibé par une concentration de $0,0086 \pm 0,00015 \mu\text{g/mL}$ de l'extrait du yaourt à base d'arbouse. Alors que l'extrait d'arbouse présente une IC₅₀ plus élevée $21,1 \pm 0,74 \text{mg/mL}$.

L'étude statistique a montré qu'il y a une différence significative entre les deux extraits analysés ($p < 0,05$). Elle a montré également qu'il y a une très forte corrélation entre le test antiradicalaire mesuré et la teneur en composés phénoliques totaux ($r = 1$).

La valeur d'IC₅₀ obtenue pour l'extrait d'arbouse est plus élevée que celle trouvée par **Mendes et al. (2011)** qui est de $0,790 \pm 0,016 \text{mg/mL}$ pour l'extrait d'arbouse frais. Cela pourrait être attribué en partie à l'échantillon utilisé qui est dans notre cas un fruit congelé.

Ces différences peuvent également être attribuées aux divers facteurs tels que l'année et la variabilité génétique. Les données génétiques ne sont pas disponibles, mais différentes caractéristiques morphologiques des baies et des feuilles peuvent soutenir cette idée (**Fonseca et al., 2015**).

IV.2.3. Analyses microbiologiques

Les résultats obtenus pour les analyses microbiologiques des différents échantillons sont illustrés dans le tableau.

Tableau VI: Résultats des analyses microbiologiques des produits utilisés.

Germes recherchés					
Echantillon	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Les clostridium sulfito réducteur	Flores totales	Coliforme totaux	Levures et moisissures
Arbouse	—	Absence	01.10 ³	Absence	Absence
Lait de vache crue	—	Absence	>300.10 ³	01	20.10 ³
Normes (JORA)	—	Absence	10 ⁵	10 ³	/
Yaourt à base d'arbouse	Absence	Absence	06.10 ³	Absence	Absence
Yaourt nature	Absence	Absence	07.10 ³	Absence	Absence
Normes (JORA)	≥10 ⁵	Absence	3.10 ⁶	<10	Levure : <10 Moisissure : Absence

Le tableau VI permis de tirer les conclusions suivantes sur la qualité du lait et des produits élaborés :

- Les résultats concernant la flore lactique « *Lactobacillus bulgaricus* » sont négatif pour les deux yaourts par rapport à la norme est cela peut être dû au milieu de culture utilisé qui a dépassé la date d'expiration.
- L'absence des levures et moisissures dans l'arbouse et les deux yaourts préparés, ce qui veut dire qu'ils sont conformes aux normes du **JORA (1998)**. Par contre le lait de vache crue utilisé contient quelques moisissures, ce qui est tout à fait normale puisque ce dernier n'est pas stérile et peut être soumis à de différentes contaminations soit dans l'air ou les ustensiles, ou même lors de son transport.
- La présence d'une seule colonie de coliformes totaux dans le lait crue mais qui reste toujours conforme à la norme du **JORA (1998)**. Aucune colonie n'a été dénombré

dans les deux yaourts élaborés ainsi que dans l'arbose utilisé ce qui prouve le bon respect des conditions de préparation et de conservation.

- Les clostridium sulfite réducteurs sont absents dans tous les échantillons, ce qui confirme que les produits préparés présentent une très bonne qualité microbiologique.

IV.2.4 Analyse sensorielle

IV.2.4.1 .Test du plan d'expérience

La planification expérimentale est une étape fondamentale pour s'assurer que les données collectées seront exploitables dans les meilleures conditions statistiques possibles.

L'objectif de ce test est de créer un plan d'expériences optimal, ou quasi optimal, dans le cadre d'expériences visant à modéliser les préférences d'un ensemble de consommateurs ou d'experts pour différents produits (**Perinel et Pages, 2004**) (tableau VII).

Tableau VII : Evaluation du plan d'expériences.

A-Efficacité	1,000
D-Efficacité	1,000

Après la génération du plan d'expérience de l'analyse sensorielle, nous remarquons que les valeurs des deux critères A- Efficacité et D- Efficacité sont affichées, cela implique qu'un plan optimal pour les résultats des membres de panels expert a été trouvé. Les données obtenues sont acceptables; ce qui valide les autres tests du logiciel XLSTAT.

IV.2.4.2. Caractérisation des produits

Ce test permet de caractériser rapidement les échantillons en fonction des préférences des juges, donc il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers dans le cadre de l'analyse sensorielle (**Husson et al., 2009**).

IV.2.4.2.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs (les caractéristiques du produit) ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits, à celui qui en a le plus faible.

Les résultats de ce test sont présentés sur la figure 17.

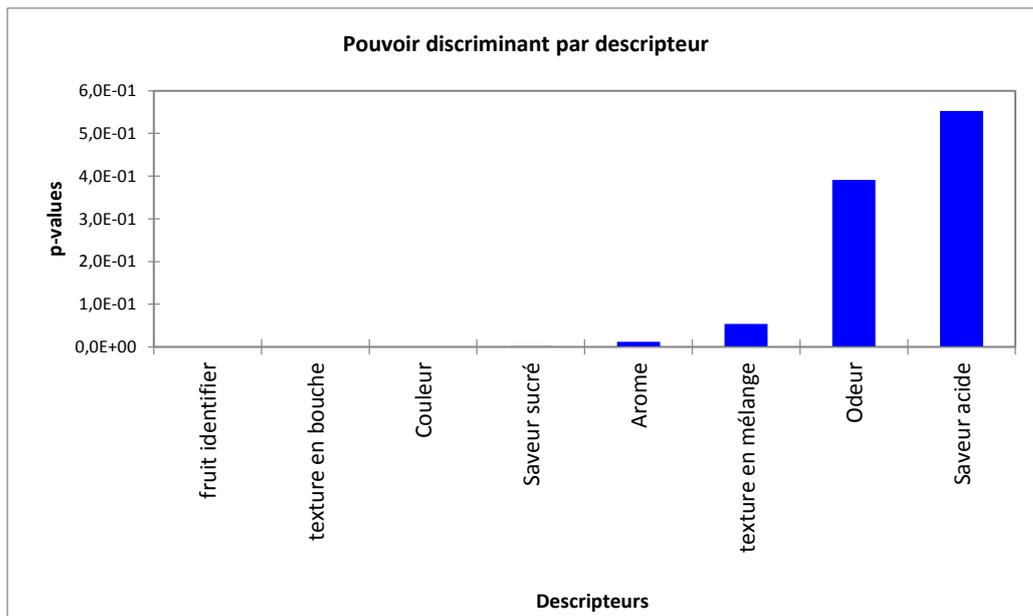


Figure 17 : Pouvoir discriminant par descripteur.

La figure 17 montre que les descripteurs les plus discriminants sont : fruit identifié, texture en bouche, la couleur et la saveur sucrée, suivi de l'arôme et de la texture au moment du mélange. Cela signifie que les experts ont constaté des divergences au niveau de ces descripteurs pour les deux échantillons préparés.

Cependant l'odeur et la saveur acide n'ont pas été discriminées. Ce qui explique que les experts n'ont pas constaté des différences entre les deux échantillons au niveau de ces descripteurs.

IV.2.4.2.2. Coefficients des modèles

Dans ce test sont affichés, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné. Les résultats sont présentés dans la figure 18.

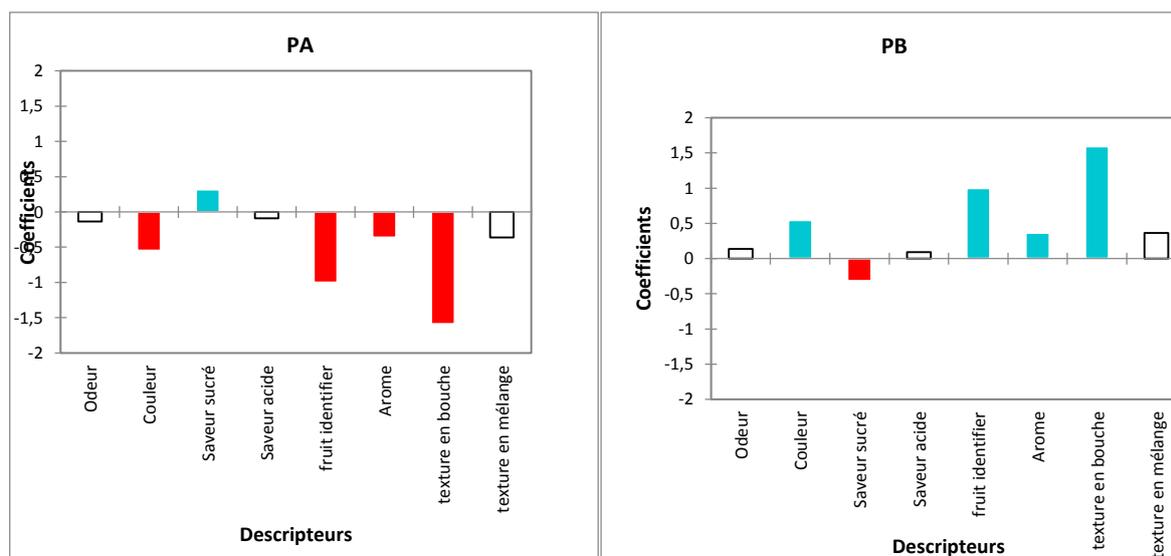


Figure 18: Coefficients des modèles des échantillons du yaourt A (yaourt nature préparé) et du yaourt B (yaourt à l'arousse).

Le graphe permet de visualiser et de définir les appréciations des échantillons selon les experts comme suit :

- En rouge, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement négatifs.
- En blanc les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs.
- En bleu, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positifs,

Ces résultats de la figure 18 montrent que :

- L'échantillon (PA) qui correspond au yaourt nature préparé présente une saveur sucrée intense (en bleu), par contre sa couleur et son arôme sont d'une faible intensité (en rouge). La texture en bouche est lisse. Les autres caractéristiques (en blanc) sont moyennement intenses.
- L'échantillon (PB) qui correspond au yaourt à base d'arousse est caractérisé par l'intensité de sa couleur et de son arôme (en bleu), sa saveur sucrée est faiblement intense (en rouge). La texture en bouche est granuleuse, les autres caractéristiques (odeur, saveur acide et texture au mélange) sont moyennement intenses. Les juges ont pu identifier le fruit (l'arousse).

IV.2.4.2.3. Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont illustrés dans le tableau VIII.

Tableau VIII: Moyennes ajustées par produit.

Odr	Clr	Tex.b	S.ac	Fr.t.id	Ar	Tex.m	S. suc
PB 2,727	2,182	4,545	2,182	3,000	3,455	2,636	2,273
PA 2,455	1,091	1,364	2,000	1,000	2,727	1,909	2,909

Odr : Odeur, **Clr** : Couleur, **Tex.b** : Texture en bouche, **S. ac** : Saveur acide, **Fr.t.id** : Fruit identifié, **Ar** : Arôme, **Tex.m** : Texture au mélange, **S.suc** : Saveur sucrée.

Le tableau VIII permet de ressortir les moyennes lorsque nous croisons les deux produits et leurs caractéristiques. Les couleurs correspondent, pour le bleu, à un effet significativement positif du descripteur sur le produit et, pour le rouge, à un effet significativement négatif du descripteur sur le produit. Les autres caractéristiques des différents produits n'ont pas d'effet sur les produits.

Le tableau VIII montre clairement que les descripteurs sont plus intenses pour le produit B (en bleu) que pour le produit A (en rouge) à l'exception de la saveur sucrée.

IV.2.4.3. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus utilisées dès lors que l'on dispose d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) dans lequel les observations (des individus, des produits, ...) sont décrites par p variables (des descripteurs, attributs, mesures, ...). Si p est assez élevé, il est impossible d'appréhender la structure des données et la proximité entre les observations (Jolliffe, 2002).

La **figure 19** permet de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

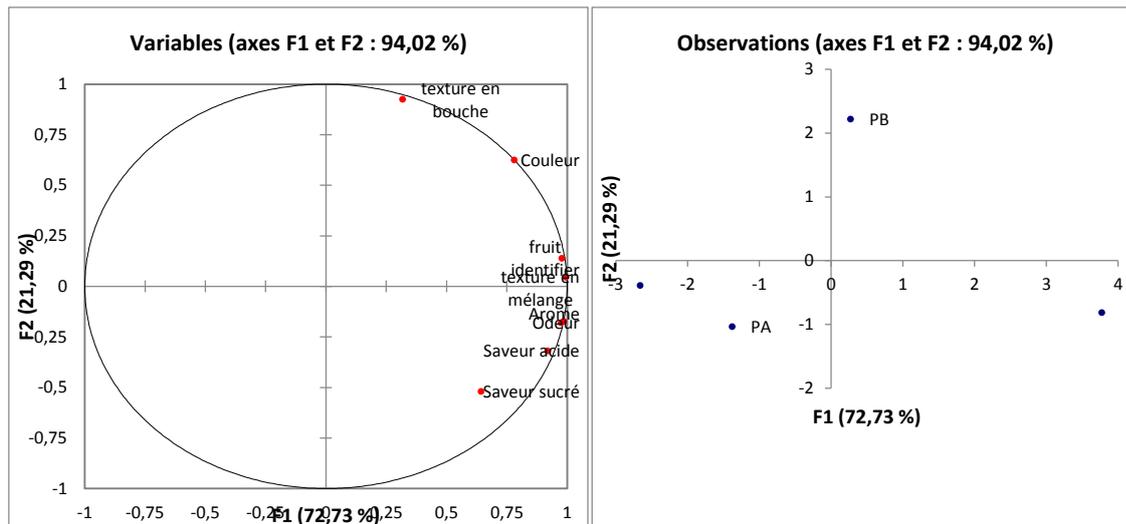


Figure 19: Corrélations entre les variables et les facteurs.

La carte obtenue, dont la qualité est assez bonne puisqu'elle permet de représenter 94,02% de la variabilité, permet de constater que les produits A et B ont été perçus par les experts comme assez différents. En effectuant la superposition des deux graphes de la figure 15, nous pouvons constater que le produit B est beaucoup plus caractérisé par sa couleur et sa texture en bouche alors que le produit A est caractérisé de plus par sa saveur sucrée.

IV.2.4.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La CAH est une méthode de classification. Les résultats permettent de visualiser le regroupement progressif des données de préférence des juges experts (figure 20). Nous pouvons avoir une idée du nombre de classes dans lesquelles ces données peuvent être regroupées (Everitt et al., 2001).

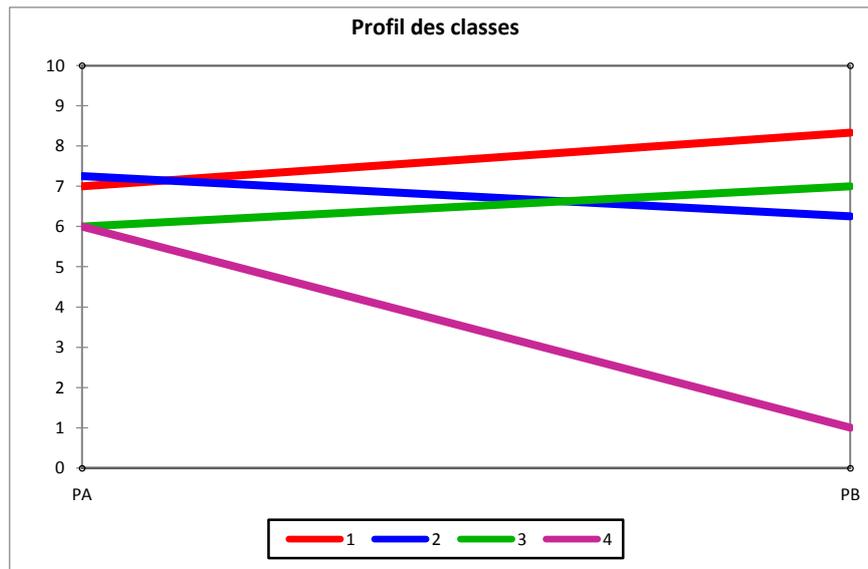


Figure 20: Profil des différentes classes créées.

D'après la figure 20, quatre classes ont été formées à partir des notes de préférences des juges experts :

- La classe 1 présentée en rouge et la classe 3 présentée en vert préfèrent le produit B (yaourt à l'arboise) plus que le produit A (yaourt nature préparé), contrairement à la classe 2 présentée en bleu et la classe 4 présentée en mauve qui préfère le produit A plus que le produit B.

IV.2.4.5. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)

La cartographie externe des préférences (en anglais External Preference Mapping - PREFMAP) permet de visualiser sur une même représentation graphique (en deux ou trois dimensions) d'une part des objets, et d'autre part des indications montrant le niveau de préférence de juges (en général des consommateurs). Afin de pouvoir effectuer une cartographie de préférence externe, nous aurons besoin de deux types de données :

- Les notes d'acceptabilité (préférences) attribuées par les consommateurs pour chaque échantillon pour réaliser une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH);
- Les notes moyennes données par les experts pour chaque attribut étudié afin d'effectuer une analyse en Composante Principale (ACP).

Le tableau VII montre le pourcentage des juges satisfaits pour chaque produit.

Tableau IX: Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.

Objet	Pourcentage (%)
PA	75%
PB	75%

Le tableau IX montre clairement que les deux échantillons de yaourt ont été appréciés à un degré équivalent (75% pour les deux yaourts).

La figure 23 définit la courbe des niveaux et la carte des préférences.

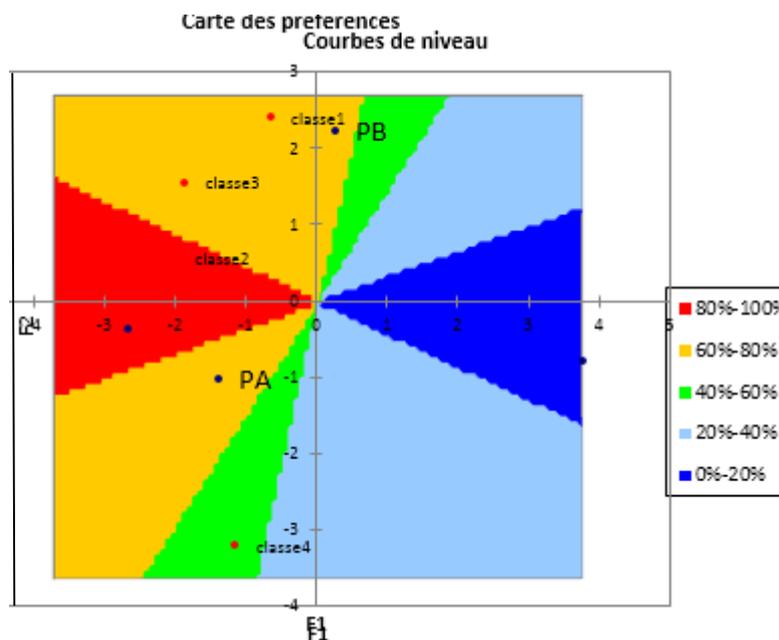


Figure 21: Courbes de niveau et carte des préférences.

D'après les résultats obtenus, le pourcentage d'appréciation des yaourts A (yaourt nature préparé) et B (yaourt à l'arboise) est entre 60 et 80%.

Le produit A est apprécié beaucoup plus par les classes 2 et 4, et le produit B par les classes 1 et 3.

La superposition de cette carte avec l'ACP nous permet de faire le lien entre les préférences des différentes classes avec les caractéristiques des produits.

Conclusion et perspectives

Le travail effectué au niveau du laboratoire d'analyses instrumentales nous a permis d'enrichir nos connaissances dans le domaine du contrôle de qualité et d'analyse du yaourt. Il nous a aussi permis de mieux saisir les connaissances acquises durant notre cursus universitaire.

Après avoir effectué quelques analyses physico-chimique, phytochimique et microbiologique de l'arbose, nous avons incorporé ce fruit dans un produit laitier pour aboutir à un yaourt brassé.

Ces différentes analyses ont montré que l'arbose est riche en eau (71,16%), de nature acide (pH = 4,17), ce qui inhibe la croissance de quelques micro-organismes, constitue une bonne source en substances bioactives telles que les composés phénoliques ($11,46 \pm 1,006$ mg EAG /g MS), et présente un pouvoir réducteur ($6,62 \pm 2,03$ mg/g MS) et un pouvoir scavenger pour le radical DPPH* ($IC_{50} = 21,1 \pm 0,74$ mg /ml).

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques des deux yaourts formulés: yaourt nature et yaourt d'arbose montrent clairement leurs conformités aux normes en vigueur, ce qui témoigne de leur bonne qualité hygiénique.

Les résultats de l'analyse sensorielle des deux yaourts ont montré qu'ils sont appréciés à un degré équivalent (75%). Le yaourt brassé fruité à base d'arbose (B) est caractérisé par l'intensité de sa couleur (rose) et de son arôme, ainsi que sa texture granuleuse due à la présence de morceaux de fruits. Le yaourt témoin (A) est caractérisé par sa saveur sucrée plus intense et sa texture lisse.

Les résultats de la présente étude restent préliminaires. Il serait donc intéressant d'approfondir cette étude en faisant :

- Etude de la formulation du yaourt aux fruits par le plan d'expériences pour trouver la meilleure formule possible ;
- Utilisation des ferments lactiques;
- Mesure des propriétés rhéologiques des yaourts;
- Caractérisation de l'extrait d'arbose.

Références bibliographies

A

Addinsoft . (2013)XL STAT , Analyse de donnés et statistique avec MX Exel. Addinsoft ,NY , USA.

AFNOR.(1984) : Produits dérivés des fruits et légumes –jus de fruits, 2éme édition,rueSaint-George 75009,Paris, p 344.ISBN 2-12-190521-9.

Aganga A.A. et K.W. Mosase. (2003).Tannins content,nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpuscapassa*, *Ziziphismucronata*,*Sclerocaryabirrea*, *Kirkiaacuminata*and *Rhuslancea*seeds. *Animal Feed Science and Technology*. 91 107-113N.

AitYoussef M . (2006)Plantesmédicinales de Kabylie. Ed. Ibis press. Paris. P: 37-38.

Ajila, C.M., Naidu, K.A., Bhat, S.G., Prasada, Rao, U.J.S. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of Mango peel extract. *Food Chemistry* 105, 982-988.

Alarcão-E-Silva M .L.C.M.M.,LeitãoA .E.B., Azinheira H.G., Leitão M.C.A. (2001).The arbutus berry :Studies on its color and chemical Characteristics at two Mature Stages. *Journal of Food Composition and Analysis* 14: pp27-35.

Andrade M. C ,Kasumovic M. M., Brooks R. C . (2009). Body condition but not dietary restriction prolongs lifespan in a semelparous capital breeder. *Biologyletters*, 5(5), 636-638.

Aouadhi S .(2010)Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle. à étude de 57 plantes recommandées par les herboristes Faculté de médecine de Tunis - Master spécialisé en toxicologie

Athamena S .(2009). Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *Cuminumcyminum*et les feuilles de *Rosmarinusofficinalis*et l'évaluation de l'activité biologique. Thèse de Magistère en Biochimie Appliquée. Université El Hadj Lakhdar .Batna..88p.

Ayaz F . A ., Kucukislamoglu , M ., Reunanen M . (2000) . Sugar , Non-volatile and Phenolic Acids Composition of Strawberry Tree (*Arbutus unedo* L . var. *ellipsoidea*) Fruits.*Journal of Food Composition and Analysis* 13 : 171-177.

B

Baba aissa F . (1999) . Encyclopédie des plantes utiles : flore d'Algérie et du Maghreb.Ed. EDAS. P : 18-19.

Barros L , Carvalho A, Morais J et Ferreira I. (2010) . Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterization in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. *Food Chemistry*. 120 247 254.

Bayer E., Buttler K.P., Finkenzeller X., Grau, J. (2005). Guide de la flore méditerranéenne (caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces). Edition. DelachauxetNestlé, Paris. pp. 22-23.

Becker ., Haward S . (1982) .*Art worlds. UnivofCaliforniapress.*

BelouedA . (2009). Plantes médicinales d'Algérie. Ed. : 2.01.4267.p32.

Bezzala. (2005). Essai d'introduction de l'arganier dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Thèse de Magister en Sciences Agronomiques. Université El Hadj Lakhdar, Batna. p106.

Bizouard P et. FavierJ.C. (1962) . Contribution à l'étude de la valeur nutritive de quelques plantes naturellement abondantes en Corse. Extrait de la revue " Corse Historique " N°8. AJACCIO.15p. 1992.

Blois M.S., (1958). Antioixiant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26, 1199–1200.

Boubaker A ., Kayouli .C., Buldgen, A. (2004). Composition chimique et teneur en composés phénoliques des espèces arbustives du Nord-Ouest de la tunisie. *CIHAM-IAMZ* : 315-317.

Bougatef A., Hajji, M., Balti, R., Lassoued, I., Triki-Ellouz,Y., Nasri, M.(2009). Antioixiant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelusmustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. *Food Chem* 114, 1198-1205.

Bourlioux P et al. (2011) Zoom sur... les yaourts et laits fermentés *Cah Nutr Diét*;46 :305-314 .

Bretauudeau J et Fauré Y. (1992). Atlas d'arboriculture fruitière. Ed .Tec et Doc. Paris. 289p.

Brown P. J et Wright W. B. (1963). An Investigation of the interactions between milk proteins and tea polyphenols. *Journal of Chromatography A*, 11, 504-514.

Bruzzone F., Ares G., Gimenez A. (2013). Temporal aspects of yogurt texture perception. *International Dairy Journal* Volume 29, Issue 2, pp :124-134.

C

Chang K ., Hsieh C. J., W., Lin, C. J., Keerthi S. S., Sundararajan S. (2008, July). A dual coordinate descent method for large-scale linear SVM. In *Proceedings of the 25th international conference on Machine learning* (pp. 408-415). ACM.

Chaabi M. (2008). Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : euphorbiasteno cladabaill. (euphorbiaceae), anogeissus leiocarpus guill. & perr. (combretaceae), limoniastrum feei (girard) batt. (plumbaginaceae). Thèse de doctorat.

D

Dellaglio F ., Guyomarc'h ., Morand M. et Novales B. (2011). Agrégation protéique et propriétés gélifiantes et moussantes des protéines laitières. *Innovations Agronomiques*. 13 , 117-132 .

Doukani K., Tabac S., Derriche A ., Hacini Z.(2014) Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens p45.

E

Everitt B.S., Landau S., Leese M. (2001). Cluster analysis, 4ème éd. Arnold, London, p35-42.

F

Férrard P. (2003). La nature est une source d'inspiration importante dans la pratique photographique. Seve Info (service des espaces verts et de l'environnement de la ville de Nante). (, n° 1256).

Fizman S.M., LuchM.A ., Salvador A. (1999). Effect of addition of gelatine on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties . *International Dairy Journal*, 9, 895-901.

Fonseca ., Daniela FS, Salvador ., Ângelo C., Santos., Sónia AO 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*, , vol. 16, no 6, p. 14194-14209.

Fuentes M. (1994). Diets of fruit-eating birds : what are the causes of interspecific differences ?. *Oecologia* 97:134-142

G

Gaouar. (2011). Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. Thèse de magistère en Nutrition. Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen. p 95.

Giddey C. (1982). Les produits à humidité intermédiaire : Cas particulier du problème de la conservation des produits à humidité intermédiaire .Ed.APRIA. Paris..pp : 21-28.

González E.A. , A.T. Agrasar, L.M .Castro, I.O Fernández et N.P. Guerra. (2011) Solid-state fermentation of red raspberry (*Rubus idaeus*L.) and Arbutus berry (*Arbutus unedo*L.) and characterization of their distillates. Food Research International. 44:1419–1426A.

Guignard J.L. (2001). Botanique –Systématique moléculaire.Ed. MASSON : P: 209- 262.

H

Hayder N., Abdelwahed A., Kilani S., et al. (2004). Anti-genotoxic and free-radical scavenging activities of extracts from (Tunisian) *Myrtus communis*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, vol. 564, no 1, p. 89-95.

Heinrich V., Leung A et Evans E (2005) .Nano-to microscale mechanical switches and fuses mediate adhesive contacts between leukocytes and the endothelium. *Journal of Chemical Information and Modeling* .45 6.1482-1490.

Huberson M. (2008). Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de moûts de raisins : modélisation et interprétation métabolique .Thèse de Doctorat en Génie des Procédés et Environnement .Institut National Polytechnique de Toulouse.p 121.

Husson F., Pagès J. (2009). SensoMiner dans l'évaluation sensorielle – Manuel méthodologique, 3ème éd. Lavoisier, vol. 23, p. 16.

J

Jeantet R. , Croguennec T. , Mahaut M., Schuck P et Brule G. (2008). Les produits laitiers (2e Ed.), Edition Tec et Doc , Lavoisier (3) Paris, p31 .

Jimoh K.O et Kolapo A.L. (2007). Effect of different stabilizers on acceptability and shelf of soy-yogurt. *African Journal of Biotechnology*, Vol.6 (8),pp 1000-1003.

Jolliffe I .T(2002). Principal Component Analysis, 2ème Ed. Springer, New York,p. 13-18.

JORAN°86 du 18 Novembre (1998) Arrêté interministériel du 16 jourmadaethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux

modalités de leurs mises à la consommation p 22 . *Journal of Biological Macromolecules*, 29(2), 115-125.

K

Kamaly K.M et Marth E.M.(1989).*Journal diary Sci*, 72 : 1945.

Kjeldahl J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter .Z. Anal. ChEM, 22(1), 366-382.

L

Lamontagne M., Claude P., Champane C.P., Moineau S., Gardner N. et Fiss I. (2002). Microbiologie du lait. In : Science et technologie du lait. Ed. Fondation de technologie laitière du Québec Inc. ST. Laurent. Ecole polytechnique de Montréal. PP : 89-90.)

Lamoureux L. (2000)., Exploitation de l'activité β - galactosidase de cultures de bifidobacteries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de grade de maître et science (M-Sc). faculté des études supérieures de l'université Laval .Quebec p173 .

Lecoq R. (1965). Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. Ed .Doin, Deren et Cie, pp 241-251.

M

Mahaut M., Jeantet R., Brule G. et Schuck P. (2000). Les produits industriels laitiers Ed : Tec et Doc. Lavoisier. France. PP : 1-38.

Martin M. (2004). Technologie des laits de consommation. Ed . Lait. Candia Direction Développement Technique. P135.

Marty-Teyssat C., DE la Torre F., et Garel JF. (2000). Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* upon aeration Involvement applied and environmental microbiology .Vol 66 (1):pp 262-267.

Mendes L., de Freitas V., Baptista P., Carvalho M.,(2011) Comparative antihemolytic and radical scavenging activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaf and fruit p 2289.

Messaïd H. (2008) Optimisation du processus d'immersion –réhydratation du système dates sèche- jus d'orange. Thèse de magistère en Génie Alimentaire .Université M'hamed Bouguara. Boumerdes. 74 p

Mingaud D. (1865) ., De l'arbousier, de la propagation de sa culture , et des produits économiques qui en résultent considérés au point de vue de l'alimentation en général p 29 .

Molyneux P.(2004).The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Science Technology*.26 (2), 211-219.

N

Newman J., Cragg, G.M.(2012). Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *Journal of Natural Product* 75 (3), 311–335.

O

Oliveira I.,Coelho V ., Baltasar R ., Pereira J .A., Baptista P. (2009) . Scavenging Capacity of Strawberry Tree (*Arbutus unedo* L.) Leaves on Free Radicals. *Food and Chemical Toxicology*, doi:10.1016/j.fct . 2009.03.042.

Orak H.H., Aktas T, Yagar H., SelenIsbilir S., Ekinci N et Sahin F.H. (2011)Antioxidant activity, somenutritional and colour properties of vaccum dried strawberry tree (*Arbutus unedo*L.) fruit.*ActaSciPolTechnol Aliment*.10 327-338.

Özcan M.M., et Haciseferogullari., H. (2007).The Strawberry (*Arbutus unedo* L.)fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of food Engineering* 78: 1022-1028.

P

Pedneault K., Leonharts A., Gosselin A., Ramputh A et Arnason J.T. (2001).. Influence de la culture hydroponique de quelques plantes médicinales sur la croissance et la concentration en composés secondaires des organes végétaux.Texte de conférence. Canada. pp: 1-5.

Perinel E., pages J. (2004). Optimal nested cross-over designs in sensory analysis, *food Quality and Preference*, vol. 15, N° 5, p. 439-446.

Prasad K.N., Yang B., Yang S., Chen Y., Zhao M., Ashraf M. & Jiang Y. (2009). Identification of phenolic compounds and oppraisal of antioxidant and antyrosinaseactivites from Litchi (*Litchi SinensisSonn*) seeds. *Food Chemistry*, 116:1-7.

R

Renard C. M., Baron A., Guyot S. et Drilleau J. F. (2001). Interactions between apple cellwalls and native apple polyphenols: quantification and some consequences. *International Journal of Biological Macromolecules*, 29(2), 115-125.

Reynaud J. (2002). La flore du pharmacien, Institut des sciences pharmaceutiques et biologiques Université Claude-Bernard- Lyon I Ed : médicales internationales, p 84 .

Rodriguez P.J. et Traverset A.(2001). A multi-scale approach in the study of plant regeneration: Finding bottlenecks is not enough. *Perspectives in plant Ecology .Evolution and Systematics* .9 1-13.

Roussel Y., PEBAY M., GUEDON G., SIMONET J.P. and DECARISN B. (1994) Physical and genetic map of *Streptococcus thermophilus* A054. *Journal of Bacteriology*, 176(24), P : 7413- 7422.

S

Serafini M., Bugianesi R., Maiani G., Valtuena S., De Santis S. et Crozier A. (2003). Plasma antioxidants from chocolate. *Nature*, 424(6952), 1013.

Serçe S, Özgen M , Torun A.A . et Ercisli S. (2010). Chemical composition, antioxidant activities and total phenolic content of *Arbutus andrachne* L. (Fam. *Ericaceae*) (the Greek strawberry tree) fruits from Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*. 23 619 - 623.

Silici ., Sibel ., SAGDIC., Osman ., et EKICI ., Lutfiye.(2010). Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of *Rhododendron* honeys. *Food Chemistry*, 2010, vol. 121, no 1, p. 238-243.

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

Soares A.A., Marques de Souza C.G., Daniel F.M., Ferrari G.P., Gomes da Costa S. M., Peralta R.M. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Agaricus brasiliensis* (*Agaricus blazei* Murril) in two stages of maturity. *Food Chemistry* 112 (4), 775–781.

Sodini I et Beal C. (2012) . Fabrication des yaourts et laits fermentés. Ed. Technique de l'ingénieur. F6315.pp :02-16) .

Stead D . (1986).*Journal DiaryRes*, 53 :481.

T

Takrouni M.M., Boussaid M., (2010). Genetic diversity and population's structure in Tunisian strawberry tree (*Arbutus unedo* L.). *ScientiaHorticulturae Journal* 126, 330–337.

Tonelli N., Gallouin F.(2013) : Des fruits et des graines comestibles du monde entier Ed , Lavoisier , P 87- 91 France .

V

Vermeris W et Nicholson R. (2008). Phenolic compound Biochemistry. Springer science + Business Média B.V. P: 36.

Vignola C. (2010)Science et technologies du lait “ transformation du lait”. Québec, Canada P 444 .

Z

Zainoldin K.H., Baba., A.S. (2009)The Effect of *Hylocereuspolyrhizus*and *Hylocereusundatus*on Physicochemical, Proteolysis, and Antioxidant Activity in Yogurt World Academy of Science, Engineering and Technology .,International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering Vol:3, No:12, 2009 p 586.

LES ANNEXES

Annexe 1

Courbes d'étalonnage de l'acide gallique de phosphomolybdate d'ammonium

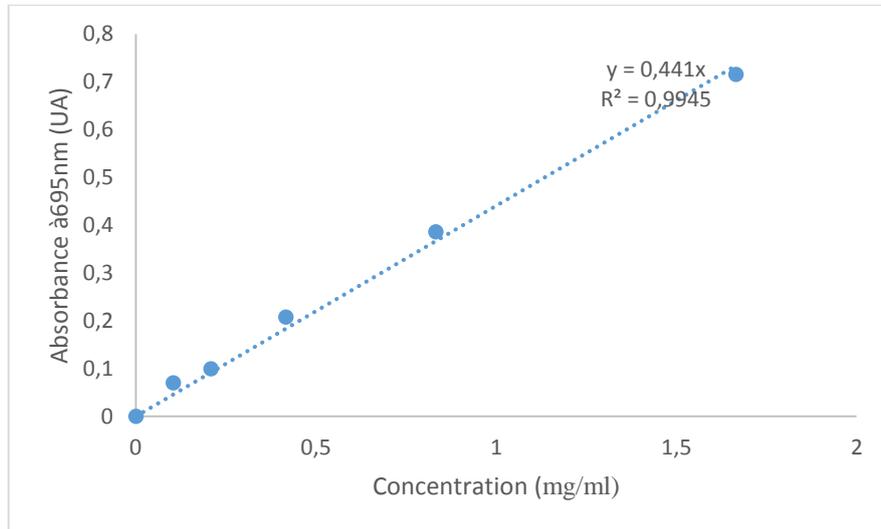


Figure 1: courbe d'étalonnage De phosphomolybdate. d'ammonium

Annexe 2

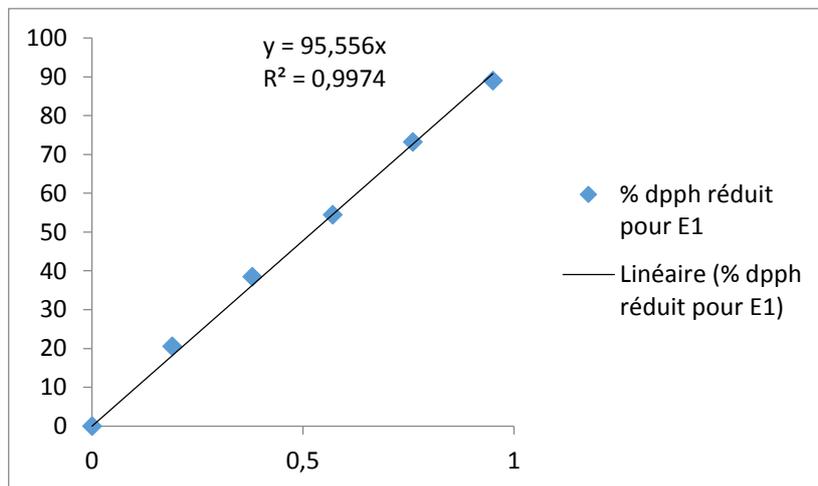


Figure 1: courbe d'étalonnage De DPPH

Annexe 3

Courbes d'étalonnage de dosage des différents composés phénoliques

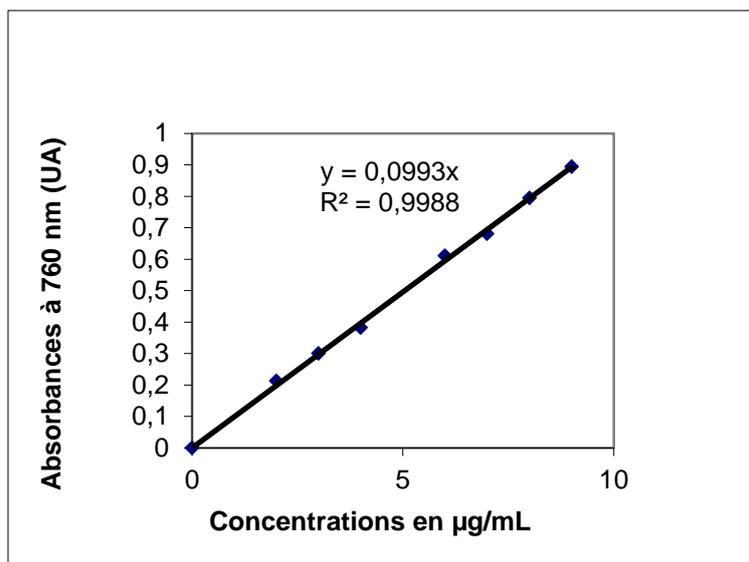


Figure 2: courbe d'étalonnage du dosage des polyphénols totaux.

Annexe 4

Questionnaire d'évaluation sensorielle de deux échantillons du yaourt brassé

Age :

Date :

Sexe : Féminin

Masculin

Deux échantillons de yaourt brassé vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présenté.

NB : veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon

I-Odeur :

1-Absente

2-Faible

3-Moyenne

4-Forte

5-Tré forte

Echantillon A	Echantillon B

▪ **L'odeur vous l'appréciez ?**

1-Non appréciée

2-Peu appréciée

3-Moyennement appréciée

4-Bien appréciée

5-Tré appréciée

Echantillon A	Echantillon B

II-Couleur :

1-Blanc

2-Beige

3-Rose

4-Rose foncé

5-Rouge

Echantillon A	Echantillon B

▪ **La couleur du yaourt vous l'appréciez ?**

1-Non appréciée

2-Peu appréciée

3-Moyennement appréciée

4-Bien appréciée

5-Très appréciée

Echantillon A	Echantillon B

III-Saveur :

a-Saveur sucrée :

1-Abscente

2-Faible

3-Moyenne

4-Forte

5-Très forte

Echantillon A	Echantillon B

b-Saveur acide :

1-Abscente

2-Faible

3-Moyenne

4-Forte

5-Très forte

Echantillon A	Echantillon B

c-Fruit identifié :

1-Abscent

2-Fraise

3-Arbose (sisnou en kabyle)

4-Framboise

5-Figue

Echantillon A	Echantillon B

d-L' intensité de la saveur (Arôme) :

1-Abscente

2-Faible

3-Moyenne

4-Forte

5-Très forte

Echantillon A	Echantillon B

IV-Texture :

a-Texture en bouche :

1-Très lisse

2-Lisse

3-Peu granuleuse

4-Granuleuse

5-Très granuleuse

Echantillon A	Echantillon B

b-Consistance quand on mélange (5 fois) :

1-Liquide

2-Trop mou

3-Mou

4-Ferme

5-Trop ferme

Echantillon A	Echantillon B

V-Préférence :

Attribuer une note entre 1 et 9 pour chaque échantillon selon son appréciation comme présenté dans l'échelle 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	Echantillon B

Résumé

Ce travail vise la valorisation de l'arbose par la formulation d'un yaourt additionné de ce fruit. Une caractérisation physicochimique de l'arbose a été mise en œuvre en étudiant les paramètres suivants : Humidité (71,16%), pH (4,17), taux de cendres (0,3%), teneur en polyphénols totaux (11,46 mg EAG/g MS), DPPH ($IC_{50} = 21,1 \pm 0,74$ mg/mL) et pouvoir réducteur ($6,61 \pm 2,035$ mg/g MS). La préparation du yaourt est réalisée à l'échelle du laboratoire en respectant un diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec l'ajout d'arbose. Après l'obtention du yaourt, les analyses suivantes ont été réalisées : pH, acidité et humidité du yaourt nature sont respectivement de 4,36 ; 82,8 °D et 77,1%. Pour le yaourt d'arbose, les différentes analyses ont données : pH de 3,41, acidité de 90 °D, 79,2% d'humidité, un taux de cendres de 2%, $0,11 \pm 0,01$ mg EAG/g MS de polyphénols totaux, une $IC_{50} = 0,0086 \pm 0,00015$ mg/mL pour le test du DPPH et un pouvoir réducteur de $6,62 \pm 2,03$ mg/g MS. Les analyses microbiologiques (coliformes totaux, clostridium sulfite réducteur, flore totale aérobie mésophile, et les levures et moisissures) sont conformes aux normes. L'analyse sensorielle a montré que le yaourt à l'arbose est apprécié à un degré équivalent à 75%.

Mots clés : Yaourt aux fruits, arbose, activité antioxydant, composés phénoliques, qualité microbiologiques, qualité physico-chimiques, qualité sensorielle.

Abstract

This work aims at the valorization of the arbose by the formulation of a yogurt added with this fruit. A physico-chemical characterization of the arbose was carried out by studying the following parameters: moisture (71.16%), pH (3.41), ash content (0.3%), total polyphenol content (11,46 mg EAG / g MS), DPPH ($IC_{50} = 21.1 \pm 0.74$ mg/mL) and reducing power (6.61 ± 2.035 mg/g MS). Yoghurt preparation is done on a laboratory scale, following a diagram of the manufacture of a standard yogurt with the addition of arbose. After obtaining the yogurt, the following analyzes were carried out: pH, acidity and moisture of the natural yoghurt were 4.36, 82.8 ° and 77.1%, respectively. For the arbose yogurt, the various analyzes gave: pH of 3.41, 90 ° D acidity, 79.2% humidity, 2% ash content, 0.11 ± 0.01 mg EAG/g MS of total polyphenols, an $IC_{50} = 0.0086 \pm 0.00015$ mg/mL for the DPPH test and a reducing power of 6.62 ± 2.03 mg/g MS. Microbiological analyzes (total coliforms, clostridium sulfite reductant, total aerobic mesophilic flora, and yeasts and molds) conform to the standards. Sensory analysis showed that yoghurt with arbose is appreciated to a degree equivalent to 75%.

Key words: Fruit yogurt, arbutus, antioxidant activity, phenolic compounds, microbiological quality, physico-chemical quality, sensory quality.