

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de science alimentaire
Spécialité production et transformation laitier



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Etude phytochimiques et enrichissement
d'un yaourt avec de l'écorce de grenade.**

Présenté par :

MEHADJRI ZINA & MOUDJEB DJAZIA

Soutenu le :
27 Juin 2019

Devant le jury composé de :

Mme ISSAADI Ouarda	MAA	Président
Mme HAMRI Sabrina	MCA	Encadreur
Mme MERZOUK Hafida	MAA	Examineur
Melle TAKKA Mélissa	Doctorante	Co-promotrice
Mr OUDIHAT Wahab	Ingénieur	Invité

Année universitaire : 2018 / 2019

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 exprimons aussi notre gratitude aux membres du jury, Mme MERZOUK la présidente et Mme ISSAADI l'examinatrice d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous adressons notre profonde reconnaissance à notre promotrice Mme HAMRI pour son encouragement, pour son aide précieux et pour nous avoir accompagnés tout au long de notre travail.

Nous tenons à remercier notre Co-promotrice Melle TAKKA pour ses remarques, ses conseils et son suivi tout au long de notre travail.

Nos sincères remerciements également à Mr OUDIHAT notre Co-encadreur responsable de l'agence de recherche et développement d'AKBOU pour son aide, son orientation et son suivi, nous remercions aussi toutes personnel de l'industrie RAMDY en particulier les techniciens Et ingénieurs de labo Lotfi et Souad.

Nous voudrions exprimer nos remerciements à tous les enseignants en particulier Mme SMAIL, les ingénieurs et toute personne qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre formation.

Sans oublier nos chères familles

Merci

Djazia et Zina

Dédicace

Du profond de mon cœur je dédie ce travail :

A la mémoire de mon cher papa qui a été mon appui moral, qui n'a jamais cessé de m'encourager, m'aider dans ma vie et mes études. J'aurais aimé qu'il soit avec moi ce jour-là qu'il attendait depuis longtemps et de se sentir fière de moi. Que le bon Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A ma très chère maman, qui a ouvrée pour ma réussite, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie et trouver ici le résultat de longs sacrifices pour m'aider à avancer dans la vie ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien venu de toi, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mes deux chers frères Ferhat, Lyes, leur femmes Souad, Karima et sans oublier Maxime, Axel et Mouloud.

A mes très chères sœurs Nabila, Taous, leurs maris Farid, Aziz et leurs enfants Danis, Yasser, Lyna et la petite Sydra.

A mon adorable chère petite sœur Salima qui était la toujours à mes côtés.

A toute ma famille cousin(e)s et tantes, je cite en particulier mon grand-père maternel.

A mes chères ami(e) et camarades que j'aime beaucoup : Lahna, Ounissa, Lydia, Fatma, Mounia, widad, ouarda, Amel, ouardia, Lynda, Thiziri, Hassiba, Meriem, Salima, Neila, Kahina, Melissa, Ghanou, Halim, Massi, Jugo et Fodil.

A ma chère binôme Zina et toute sa famille.

A toute personne qui m'ont soutenu de près ou de loin.

A toute la section PTL.

Djazia

Dédicace

Du profond de mon cœur je dédie ce travail :

A la mémoire de ma mère qui a été mon appui moral, qui n'a jamais cessé de m'encourager et de m'aider dans ma vie et mes études. J'aurais aimé qu'elle soit avec moi ce jour-là qu'elle attendais depuis longtemps et de se sentir fière de moi. Que le bon Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A mon très chère papa, qui a œuvré pour ma réussite, pour toute son assistance, sa présence dans ma vie et de ses sacrifices pour m'aider à avancer dans la vie ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien venu de toi, qu'il trouve ici l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A ma chère tata Fatima qui était toujours à mes cotés.

A mon cher frère Karim qui m'a toujours encouragé et soutenu. Qu'il trouve ici l'expression de ma grande gratitude.

A mon adorable chère petite sœur Dalila qui était là toujours à mes côtés.

A mes très chères petites sœurs Houda et chahinaz.

A toute ma famille cousin(e)s et tantes, je cite en particulier Nadia et Linda, Sora, Koukou, Naima, Salah et Djamel.

A mes chères ami(es) et camarades que j'aime beaucoup, Sabiha, Lydia, Widad, Ouarda, Amel, Lynda, Hassiba, Kahina, Meriem, Melissa, Ouardia, Souhila, Fatima, Halima, Fadila, Dihia, Rima, Halim, Massi et Foudil

A ma chère binôme Djazia et toute sa famille.

A toute personne qui m'ont soutenu de près ou de loin.

A toute la section PTL.

Zina

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

1. Généralités sur la grenade	1
1.1. Historique.....	1
1.2. Biologie du grenadier.....	2
1.2.2. Description	2
1.2.3. Composition du grenadier	3
1.3. Ecorce de grenade	4
1.3.1. Composition de l'écorce de grenade	4
1.3.2. Usage de l'écorce de grenade	5
2. Généralités sur le yaourt.....	5
2.1. Historique.....	5
2.2. Définition	5
2.2.1. Les bactéries du yaourt.....	6
2.2.2. Intérêt nutritionnelle et thérapeutique du yaourt	6
2.2.3. Composition nutritionnelle.....	7
2.3. Les matières premières	7
2.4. Procédé de fabrication du yaourt	8
3. Généralités sur les antioxydants	10
3.1. Composés phénoliques	10
1. Matériel végétal.....	11
1.1. Préparation de la poudre	11
1.2. Extraction.....	11
1.3. Tests phytochimiques	12
1.3.1. Dosage des composés phénoliques.....	12
1.3.2. Dosages des flavonoïdes.....	12
1.3.3. Dosage des caroténoïdes.....	13
1.3.4. Détermination de l'activité antiradicalaire (DPPH)	13
2. Formulation et caractérisation d'un yaourt	14
2.1. Préparation d'un yaourt étuvé.....	14
2.2. Procédé de fabrication	14

2.3.	Caractérisation du produit.....	15
2.3.1.	Préparation des échantillons	15
2.4.	Analyses physicochimiques du yaourt	16
2.5.	Analyses microbiologiques du yaourt : (JORA., 2017)	19
2.6.	Analyses sensorielles.....	20
2.7.	Analyses statistiques :	20
1.	Extraction, dosages des polyphénols et évaluation de l'activité antiradicalaire	21
1.1.	Rendement d'extraction	21
1.2.	Teneur en polyphenols totaux	21
1.3.	Teneur en flavonoïdes.....	22
1.4.	Dosage des caroténoïdes	23
1.5.	Evaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH)	23
2.	Analyses physico-chimiques et microbiologiques du yaourt.....	24
2.1.	Teneur en polyphénols totaux.....	24
2.2.	Teneurs en flavonoïdes	25
2.3.	Evaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH)	26
2.4.	Analyses physicochimiques	26
2.5.	Analyses microbiologiques	29
2.6.	Analyses sensorielles	30
2.6.1	Caractérisation des produits.....	30
2.6.2.	Pouvoir discriminant par descripteur.....	30
2.6.3.	Coefficient des modèles.....	31
2.6.4.	Moyenne ajustée par produits.....	32
2.6.5.	Cartographie des préférences	33
2.6.6.	Analyse en composantes principales (ACP)	34
2.6.7.	Classification Ascendance Hiérarchique (CAH).....	35
2.6.8.	. Synthèse de mapping des préférences	36
2.6.9.	Courbe de niveau et carte des préférences	37
	Conclusion	
	Références bibliographiques	
	Annexes	

Liste des abréviations

PPT : polyphénols Totaux.

C° : Degrés Celsius.

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

EAG : Equivalent Acide Gallique.

EQ : Equivalent Quercitine.

EST : Extrait Sec Total.

FAO : Food and agriculture organisation of the United Nations.

J+ : jour +.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MG : Matière Grasse.

NaOH : hydroxyde de sodium.

pH : Potentiel d'hydrogène.

UFC : Unité Formant Colonies.

VRBG : Violet Red Bile Glucose Agar.

V/V : Volume / Volume.

g : gramme.

EG : écorce de grenade.

mg : Milligramme.

T : température.

ETH : éthanol

CaCO₃ : le carbonate de calcium.

BP : Baird Parker.

µl : microlitre.

Liste des figures

Figure 1 : photographie de la grenade (A), grain (B) et grenadier (C).....	1
Figure 2 : Les différentes parties de grenadier	3
Figure 3 : Ecorce de grenade	4
Figure 4 Diagramme de fabrication du yaourt ferme et brassé	9
Figure 5 : Ecorce de grenade (A), poudre d'écorce de grenade (B)	11
Figure 6 : Mesure de pH pour les deux yaourts élaborés.	16
Figure 7 : Mesure de l'acidité.	17
Figure 8 : Mesure du brix.	18
Figure 9 : Photographie de la matière grasse.....	19
Figure 10 : Composition de l'extrait de la peau de grenade en composés phénoliques totaux	22
Figure 11 : Composition de l'extrait d'écorce de grenade en flavonoïdes.....	23
Figure 12 : Composition de l'extrait d'écorce de grenade en DPPH	24
Figure 13 : Teneur en composés phénoliques totaux dans les yaourts élaborés.....	25
Figure 14 : Teneur en flavonoïdes dans les yaourts élaborés.....	25
Figure 15 : Pourcentage (%) d'inhibition de yaourt enrichi et témoin.....	26
Figure 16 : Pouvoir discriminant par descripteur	30
Figure 17 : Coefficients des modèles des échantillons de yaourt A, B et C.....	31
Figure 18 : Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b).	34
Figure 19 : Dendrogramme des consommateurs naïfs (a), les différentes classes de consommateurs naïfs (b).....	35
Figure 20 : Profil des différentes classes créées.....	35
Figure 21 : Courbe des niveaux et carte des préférences.	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Teneur moyenne du yaourt pour 100g du produit.	7
Tableau 2 : Composition des différents yaourts préparés.	14
Tableau 3: Analyses microbiologiques des yaourts préparés.	20
Tableau 4: Résultats de PH pour les deux yaourts élaborés.	27
Tableau 5: Résultats d'acidité pour les deux yaourts élaborés.	27
Tableau 6: Résultats d'extrait sec total pour les deux yaourts élaborés.	28
Tableau 7: Résultats de la MG pour les deux yaourts élaborés.	28
Tableau 8: Taux de brix pour les deux yaourts élaborés.	29
Tableau 9: Résultats des analyses microbiologique du yaourt.	29
Tableau 10: Moyennes ajustées par produit pour les sujets experts.	33
Tableau 11: Objet classé par ordre croissant.	36
Tableau 12: Pourcentage de juges satisfaits pour de préférence, chaque objet.	36

Introduction

De nos jours, le lait occupe une place importante dans l'alimentation humaine grâce à sa richesse en nutriments et micronutriments. De nombreux produits laitiers sont fabriqués à partir de différentes transformations de lait (**Vilain, 2010**). Parmi ces laits transformés, le yaourt est un produit laitier fermenté issu de la fermentation acide par deux espèces de bactéries lactiques qui sont *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii supsp bulgaricus* (**Corrieu et Béal, 2016**).

Le yaourt est un produit laitier de grande consommation qui possède une grande valeur nutritionnelle, il est très apprécié par son goût caractéristique et sa texture. Cette caractéristique résulte du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries. La consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la teneur en matière sèche du lait (**Schuck et al., 2012**).

Le yaourt est généralement pauvre en certains composants. Cependant, les industries agroalimentaires optent à l'enrichissement de ce produit laitier par des antioxydants synthétiques afin d'augmenter leur durée de conservation (**Chouchouli et al., 2013**). Ces antioxydants, tels que l'hydroxyanisolebutylé (BHA) et l' α tocophérolsynthétique (E307), ont une utilisation restreinte dans les aliments car ils sont soupçonnés d'être cancérigène (**Madhavi et al., 1995**). Par conséquent, l'importance de la recherche et de l'exploitation des antioxydants naturels, en particulier d'origine végétale, a considérablement augmenté ces dernières années (**Jayaprakasha et Rao, 2000**).

Il semble que l'écorce de grenade peut être une bonne source d'antioxydants naturels tels que les polyphénols. Sa composition phytochimique lui a attribuée plusieurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes contre la détérioration des produits alimentaires (**Al-Rawahi et al., 2014**). En outre, des études ont confirmé que la grenade possède des propriétés antidiabétiques et anticancérigènes (**Lairini et al., 2014**). L'activité antifongique de l'écorce de grenade a été également démontrée sur trois souches de *Candida albicans* (**Merzouk et al., 2018**).

Notre travail consiste principalement à formuler un yaourt en incorporant de la poudre d'écorce de grenade. Une voie possible de valorisation de ce sous-produit, est de

son introduction dans des produits alimentaires en tant qu'ingrédient, de façon à proposer des aliments enrichis en molécules fonctionnelles.

1. Généralités sur la grenade

1.1. Historique

La grenade (*Punicagranatum L*) est un fruit ancien, il a été largement consommé dans diverses cultures depuis des milliers d'années. Son utilisation remonte à l'époque biblique et des rapports sur ses qualités thérapeutiques ont été publiés tout au long des millénaires (**Longtin 2003**). Il est présent dans les anciens textes grecs, égyptiens, les textes bibliques, le Coran et dans les traditions populaires des différents pays bordant la Méditerranée (**Holland et al., 2009**).

Les Babyloniens considéraient les graines de grenade comme un agent de résurrection, les Perses croyaient que les graines conféraient l'invincibilité sur les champs de bataille, tandis que pour les anciens Chinois les graines symbolisaient la longévité et l'immortalité (**Aviram et al., 2000**).

La partie phylogénétique du Grenadier se trouve selon les derniers travaux des botanistes et pomologues, dans toute la région qui englobe l'Iran, l'Afghanistan et la transcaucasie orientale, où s'observe une multitude de formes spontanées et de variétés cultivées (**Evreinoff, 1957**).



Figure 1 : photographie de la grenade (A), grain (B) et grenadier (C)

1.2. Biologie du grenadier

1.2.1. Classification

La grenade « *punicagranatum* » a été décrite par Linné et introduite dans sa classification en 1753 (**Mohamed Amine Ben Abdennebi, 2012**). Telle est cette classification :

Règne : plantae
EMB : spermaphytes
Sous emb : angiosperme
Classe : magnoliopsida
Ordre : myrtales
Famille : punicaceae
Genre : punica
Espèce : *punicagranatum*

1.2.2. Description

Le grenadier forme naturellement un arbrisseau ou un sous-arbrisseau, un arbre adulte peut atteindre entre 5 et 10m de haut, touffu. Très ramifié depuis la base du tronc et il est plus ou moins épineux (**Holland et al., 2009**).

- **Les Feuilles**

Elles sont de forme oblongues, opposées ou sous opposées, luisantes, étroites, entières et non stipulées, de 3 à 7cm de long et de 2cm de large selon les cultivars (**Hmid, 2013**). Au stade juvénile, les feuilles sont de couleur rougeâtre puis à la maturité, elles deviennent verdâtres (**da Silva et al., 2013**).

- **Les Fleurs :**

A maturité, les fleurs sont d'un rouge éclatant, pourpre ou grenat selon les variétés mesurant 3cm de diamètre et ayant cinq à huit pétales, souvent davantage sur les plantes cultivées (**Figure 2, C**). Leur nombre est généralement l'équivalent du nombre de sépales d'après les auteurs (**Al-Said et al., 2009**).

- **Les fruits :**

Le fruit du grenadier, (**Figure 2, D**) presque ronde et charnue de la taille d'une pomme ou d'une orange. Elle mesure entre 6 et 12 cm de large alors que le poids varie entre 200 et 650 grammes (**Holland et al., 2009 ; Al-Said et al., 2009**).

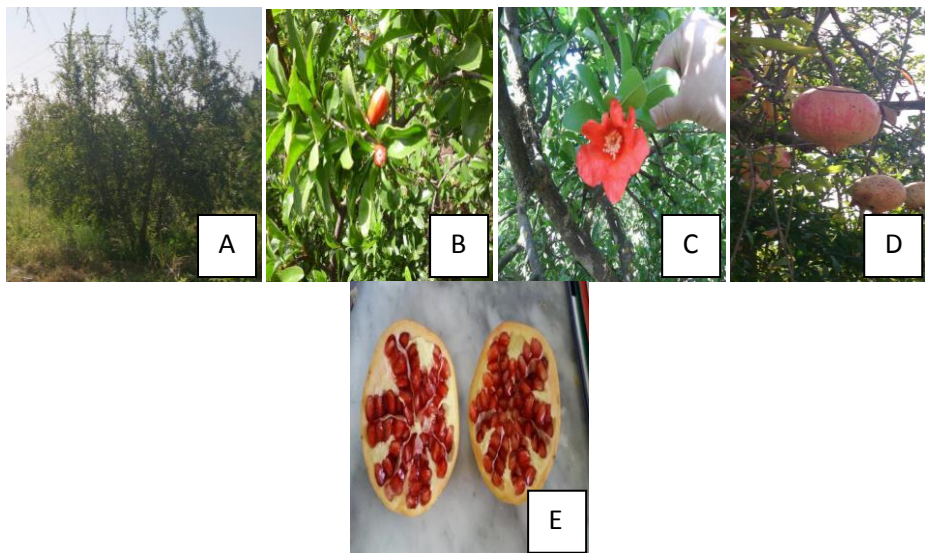


Figure 2 : Les différentes parties de grenadier

1.2.3. Composition du grenadier

- **Les feuilles**

Les feuilles du grenadier contiennent des flavones, telles que la lutéoline et l'apigénine, cette dernière posséderait des propriétés anxiolytiques . Elles renferment également des tanins, comme la punicaline et la punicalagine (**Lansky et Newman, 2007**).

- **Les fleurs**

Les fleurs du grenadier contiennent de l'acide gallique et des triterpènes comme l'acide ursolique, acide oléanolique, acide asiatique, acide maslinique (**Lanskye, 2007**).

- **Jus de grenade**

Le jus de grenade est composé de 85.4% d'eau, 10.6% Sucres totaux, 1.4% de pectine, 0.2 à 1 % de polyphénols. Les anthocyanines et les flavonoïdes, fournissent au jus

de grenade sa couleur brillante et sont aussi de puissants antioxydants. Des sucres simples tels que le glucose, le fructose ou des disaccharides tels que le saccharose, sont présents dans le jus ainsi que des acides organiques comme l'acide citrique, l'acide malique ou encore l'acide ascorbique. On retrouve aussi de l'acide gallique, l'acide ellagique et de l'acide quinique dans le jus, ainsi que des acides aminés tels que Proline, Valine (**Prakash et Prakash, 2011**).

1.3.Ecorce de grenade

L'écorce du fruit du grenadier (figure 3), est également appelée « malicorium», il s'agit de la partie dure du fruit. Elle représente environ 50% du poids total de la grenade (**Calin et al., 2005**). Elle est généralement utilisée séchée, sous la forme de morceaux brunâtres ou vert rougeâtre à l'extérieur, un peu verruqueux, brillants, jaunâtre sur la face intérieure concave, portant souvent l'empreinte des graines qui y étaient incrustées. Ces fragments sont de consistance coriace, ils sont formés d'un parenchyme de cellules à paroi minces, au milieu desquelles on distingue des groupes de cellules pierreuses et des faisceaux fibro-vasculaires. La saveur de l'écorce de grenade est amère et astringente (**Wald, 2009**).



Figure 3 : Ecorce de grenade

1.3.1. Composition de l'écorce de grenade

L'écorce de grenade est une source très importante de composés bioactifs tels les polyphénols, les flavonoïdes, les ellagitanins (28% de l'épiderme du fruit). L'écorce du fruit contient deux importants acides hydroxy benzoïques, l'acide gallique et l'acide ellagique. Elle renferme également des acides hydrox cinnamiques, des dérivés de flavones, des molécules de coloration jaune et des anthocyanidines, responsables de la couleur rouge des grenades. De nombreux ellagitanins sont aussi présents, tels que la

punicaline, la punicalagine, la granatine A et la granatine B (**Lansky et Newman, 2007**). Ces tanins représentent jusqu'à 28% de l'épiderme du fruit (**Fournier, 1948**).

1.3.2. Usage de l'écorce de grenade

L'écorce de grenade est utilisée en médecine humaine pour le traitement de diverses maladies telles que la fièvre, la diarrhée, les infections microbiennes, les verres parasites et les maladies de la peau, ces dernières années, le grenadier a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche scientifiques qui ont démontré ses effets antimicrobiens, antioxydant et même anti cancer (**Al-Saeed et al., 2015**). Cependant, dans les années 1950, le grenadier fournissait grâce à l'écorce de ses fruits, une matière tannante, sans emploi dans nos industries européennes, mais très utilisée dans le nord de l'Afrique pour la préparation des maroquins jaunes. L'écorce de la grenade fut quelquefois utilisée, pour remplacer la noix de galle, dans la préparation de l'encre. (**Fournier, 1948**).

2. Généralités sur le yaourt

2.1. Historique

Les laits fermentés sont préparés depuis une époque très lointaine en Asie centrale, le mot (yoghourt ou yoghourt) provient de « yoghurmark » qui signifie « épaisir » (**Tamime et Deeth, 1980**). Certains des laits fermentés connaissent depuis quelques années un développement considérable grâce à l'intérêt qu'y trouvent les consommateurs sur le plan organoleptique, nutritionnel voir thérapeutique. Ces produits présentent aussi un grand intérêt dans le pays en développement en raison de leur acidité, sans inconvénient pour les consommateurs intolérant au lactose. (**Keddar et Koubich, 2009**).

2.2. Définition

Selon le codex Alimentarius et la FAO (Food and Agriculture Organisation 1975), le yaourt est « un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action des deux bactéries : *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* et *streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré enrichi en extrait sec) ». Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance.

Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6°C pour que les bactéries lactiques restent vivantes.

2.2.1. Les bactéries du yaourt

Dans la production du yaourt, on utilise deux bactéries qui ont un rôle principal d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH=4,6) de façon à former un gel, outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles assurent une saveur caractéristique due à la production des composés aromatiques (**BEAL et SODINI, 2003**).

✓ **Streptococcus thermophilus**

Est une coque gram positif, anaérobie facultatif, non mobile. On la trouve dans les laits fermentés et fromages (**Dellagio et al., 1994**). Son rôle principal est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de sa texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (**Bergamaier, 2002**).

✓ **Lactobacillus bulgaricus**

Est un bacille Gram positif, immobile, asporulé, micro aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes (**Doleyres, 2003**). Cette bactérie possède un mécanisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique à partir des hexoses. Sa température optimale de croissance est approximativement 42°C. Elle a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiénique du yaourt (**Marty-Teyssse et al., 2000**).

2.2.2. Intérêt nutritionnelle et thérapeutique du yaourt

Le yaourt à plusieurs intérêts pour la santé de l'être humain

✓ Amélioration de l'absorption du lactose :

La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (**Schuck et al., 2012**).

✓ Amélioration de la digestibilité des protéines :

Le yaourt est plus digest que le lait non fermenté et contient deux fois plus d'acide aminés libres, cette propriété résulte du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries (**Schuck et al., 2012**).

- ✓ Action préventive contre les cancers de la sphère digestive :

Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des inducteurs de tumeurs cancéreuses dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses (Schuck et al., 2012).

2.2.3. Composition nutritionnelle

En plus de l'appréciation pour son goût et sa texture, le yaourt est aussi apprécié pour sa valeur nutritionnelle remarquable. La dégradation du lactose conduit à formation de galactose, de glucose et d'acide lactique qui passe d'un niveau pratiquement nul à un niveau de 0.8 à 1%. Le tableau ci-dessous indique la teneur moyenne du yaourt nature pour 100g du produit (Cidil et Inra, 2009).

Tableau 1 : Teneur moyenne du yaourt pour 100g du produit.

Valeur énergétique (kcal)	48
Protéines (g)	4.15
Lipides (g)	1.2
Glucides (g)	5.2
Calcium (mg)	174
Sodium (mg)	57
Potassium (mg)	201
Phosphore (mg)	114

2.3. Les matières premières

- **Lait frais :**

La matière principale pour la fabrication des yaourts est le lait de vache. Il est composé d'environ de 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, des protéines des lipides et des minéraux.(Bouchenak et al., 2015).

- **La poudre de lait :**

L'industrie laitière en Algérie fonctionne essentiellement sur la base de matière première importée, c'est-à-dire de la poudre de lait et de la matière grasse laitière anhydre. Sur le plan technologique, elle est fondamentalement un « processus de recombinaison » consistant en la réhydratation de la poudre de lait à laquelle est associé de la matière grasse. (Amellal, 2000).

- **L'eau :**

L'eau est l'une des matières premières de tous les types des produits laitiers reconstitués et recombinaison. Elle doit être potable, de bonne qualité, dépourvue de microorganismes, et d'un niveau de dureté acceptable. (Gosta, 1995).

2.4. Procédé de fabrication du yaourt

En technologie : trois types du yaourt différents selon la consistance ou non du gel formé

Les principales étapes de fabrication sont présentées dans le diagramme de la Figure suivante selon (Livret, 2016).

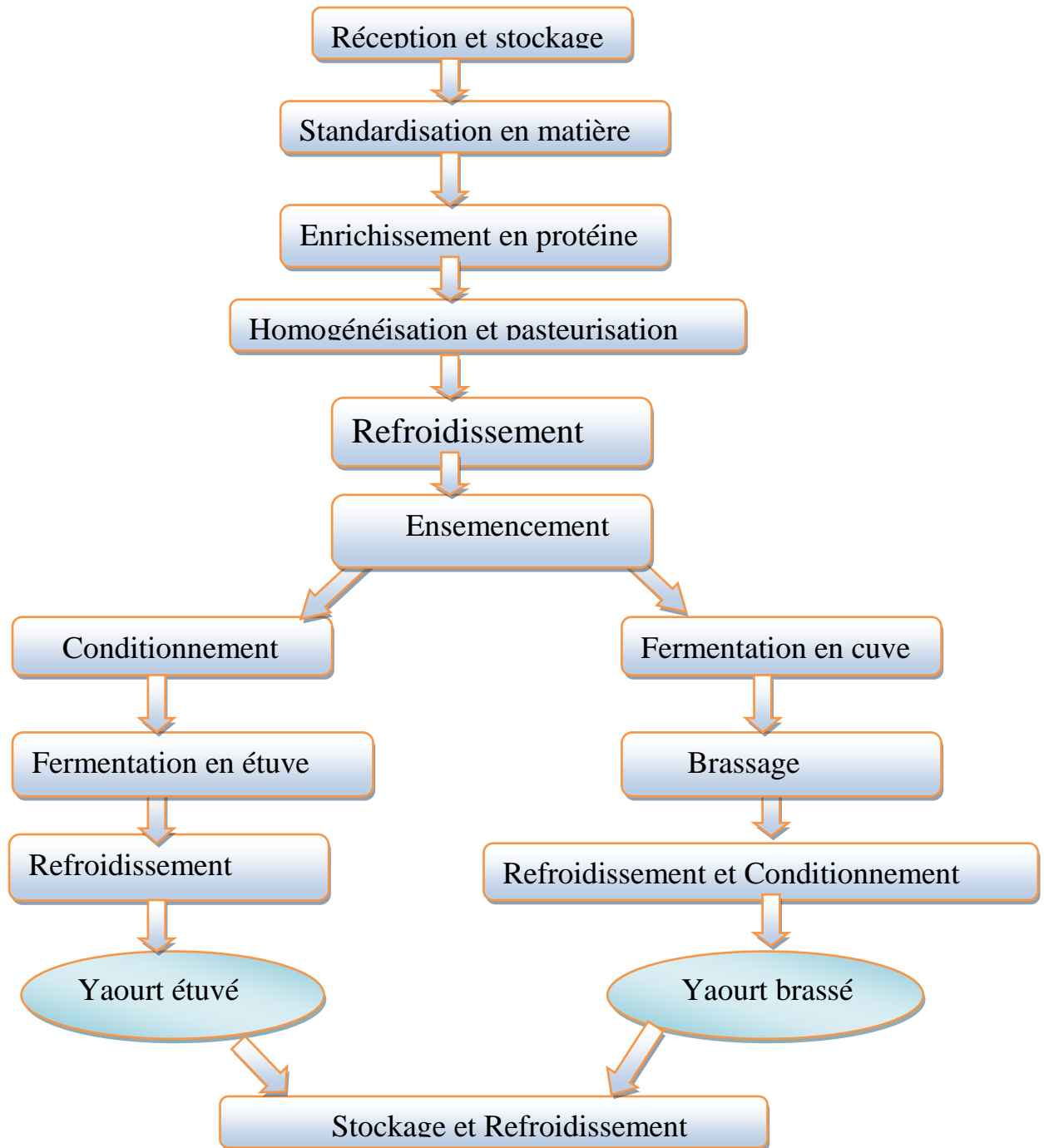


Figure 4 Diagramme de fabrication du yaourt ferme et brassé

3. Généralités sur les antioxydants

Ces dernières années, une attention croissante a été accordée au rôle de l'alimentation dans la santé humaine. Plusieurs études épidémiologiques ont indiqué qu'un apport élevé de produits végétaux est associé à une réduction du risque d'un certain nombre de maladies chroniques, comme l'athérosclérose et le cancer (**Gossiau & Chen, 2004**). Ces effets bénéfiques ont été en partie attribués aux composés qui possèdent une activité antioxydante. Les principaux antioxydants des légumes sont les vitamines C et E, les caroténoïdes et les composés phénoliques, surtout les flavonoïdes. Ces antioxydants récupèrent les radicaux et inhibent l'initiation de la chaîne ou brisent la propagation de la chaîne (la deuxième ligne de défense) (**Gundgaard et al., 2003**).

3.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent un groupe important de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Elles sont classées en classes selon leur structuration. Le groupe le plus répandu et le plus diversifié des polyphénols sont les flavonoïdes (**Aherne et O'Brien, 2002**).

Les composés phénoliques, en particulier les flavonoïdes, possèdent différentes activités biologiques, mais les plus importantes sont l'activité antioxydante, l'effet protecteur capillaire et l'effet inhibiteur (**Czeczot, 2000**).

Leur efficacité antioxydante dépend de la stabilité des différents systèmes, ainsi que du nombre et de la localisation des groupes hydroxyles. Dans de nombreuses études in vitro, les composés phénoliques ont démontré une activité antioxydante plus élevée que les vitamines et les caroténoïdes antioxydants (**Re et al., 1999**).

1. Matériel végétal

1.1.Préparation de la poudre

Cette étude a été réalisée sur la poudre d'écorce de grenade qui provient de la région de Bordj Bou Arreridj. L'écorce de grenade a été séchée traditionnellement. Le matériel végétal séché a été broyé à l'aide d'un broyeur électrique de marque Moulinex et la poudre obtenue a été tamisée afin d'obtenir une poudre fine (125 μ m).

Les figures ci-dessous représentent les photos de l'écorce (A) et de la poudre (B).

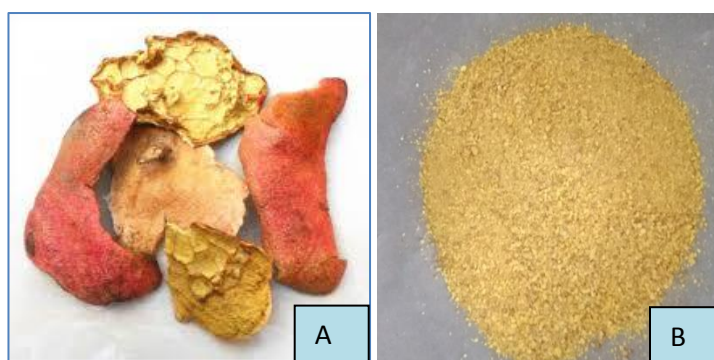


Figure 5 : Ecorce de grenade (A), poudre d'écorce de grenade (B)

1.2.Extraction

La poudre obtenue a été extraite par macération selon la procédure décrite par **Romani et al., (2006)** avec quelques modifications, pour cela ; 5g de poudre a été extraite avec 100ml de d'éthanol-eau (70 :30 et 50 :50 v/v) (**Fatiha et al., 2012**) Le mélange a été agité pendant deux heures, Après une double filtration sur papier filtre, l'extrait récupéré a été séché dans l'étuve pendant 24h à 44°C.

Le rendement de taux d'extraction est exprimé selon la formule suivante :

$$R\% = \frac{PES}{PE} \times 100$$

$\left\{ \begin{array}{l} R\% : \text{rendement.} \\ PES : \text{poids de l'extrait sec (g).} \\ PE : \text{poids de l'échantillon (poudre en g).} \end{array} \right.$

1.3. Tests phytochimiques

1.3.1. Dosage des composés phénoliques

✓ Principe

La teneur en composés phénoliques a été déterminée selon la méthode décrite par (Li *et al.*, 2006), cette méthode a été basée sur l'utilisation de réactif de Folin-Ciocalteu, qui est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique qui est réduit, lors de l'oxydation des phénols en mélange d'oxyde bleue de tungstène et de molybdène. La coloration bleue produite possède une absorption maximum aux environs de 760nm.

✓ Protocole

Dans un tube à essai, on a introduit : 50µl d'extrait, 0.5 ml d'eau distillé, 2.5 ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois, après 2min d'agitation, on a ajouté 2 ml de carbonate de sodium CaCO_3 à (7.5%) ; après 30 min d'incubation à l'abri de la lumière, l'absorbance est mesurée à 760nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique (mg EAG/g) en utilisant la courbe d'étalonnage (Annexe I)

1.3.2. Dosages des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes a été déterminée selon la méthode de trichlorure d'aluminium AlCl_3 de (Quettier-Deleu *et al.*, 2000).

- Brièvement on a introduit 1ml d'extrait de grenade dans un tube à essai, 1ml de chlorure d'aluminium, le mélange a été incubé à l'obscurité, température ambiante pendant 15min, l'absorbance a été mesuré à 430nm.
- Les concentrations en flavonoïdes ont été estimées en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec la quercitrine, elles sont exprimées en mg équivalent quercitrine (mg EQ/g) (Annexe II).

1.3.3. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes ont été extraits par la méthode (Sass-Kiss *et al.*, 2005), environ 1g de poudre a été pesé dans un bêcher avec 10ml n-hexane ; acétone ; éthanol (2 ; 1 ; 1) (v/v) à l'obscurité, en agitant le mélange pendant 15 min après Centrifugation, la phase supérieure a été récupérée et l'absorbance a été mesurée à 430 nm.

Les concentrations en caroténoïde ont été estimées en se référant à la courbe d'étalonnage en utilisant le β carotène comme standard (Annexe III), exprimé en mg équivalent de β carotène 100g de poudre (mg EBC/ g de poudre).

1.3.4. Détermination de l'activité antiradicalaire (DPPH)

✓ Principe

Le diphénylepicyrl-hydrazyle (DPPH), un radical libre stable, violet en solution et présentant une absorbance caractéristique à 517nm. Lorsque le DPPH est réduit en diphényle picrydrazine par un composé à propriété anti radicalaire y'aura une décoloration (Annexe IV).

L'activité anti -radicalaire de l'extrait a été étudiée en suivant la méthode de (Tamegart *et al.*, 2019).

✓ Protocole

Des extraits de peau ont été préparés dans de méthanol, une solution de DPPH (80 μ g/ml) a été préparée dans le méthanol pur.

Dans des tubes essai 2.9ml de la solution de DPPH et 1ml d'extrait, un contrôle a été préparé de la même manière sauf que le solvant respectif a été ajouté à la place de l'extrait.

Après 30min d'incubation à température ambiante à l'abri de la lumière, la lecture a été effectuée par la mesure de l'absorbance à 517nm. Les résultats peuvent être exprimés en tant qu'activité antiradicalaire, selon la réaction suivante :

$$\%DPPH \text{ réduit} = [(Abs \text{ control} - Abs \text{ échantillon} / Abs \text{ control}] * 100$$

2. Formulation et caractérisation d'un yaourt

2.1. Préparation d'un yaourt étuvé

La fabrication du yaourt a été réalisée au niveau de laboratoire de recherche et développement d'Akbou en respectant le processus de fabrication de yaourt standard en ajoutant la poudre de l'écorce de grenade.

Ingrédients :

Le lait utilisé est un lait demi-écrémé stérilisé UHT « Candia ». Après plusieurs essais pour l'optimisation de la formule de notre yaourt nous avons opté pour la recette décrite dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Composition des différents yaourts préparés.

Composition	Lait (ml)	Sucre (g)	Ecorce (g)	Ferment (g)
Yaourt à base d'écorce de grenade	250	17,5	Q1	25
Yaourt à base d'écorce de grenade	250	17,5	Q2	25
Témoin	250	17,5	Pas d'écorce	25

Dont Q1 et Q2 : quantité de poudre ajoutée

2.2. Procédé de fabrication

Les étapes de fabrication d'un yaourt étuvé à base de l'écorce de grenade sont présentées dans le diagramme ci-dessous :

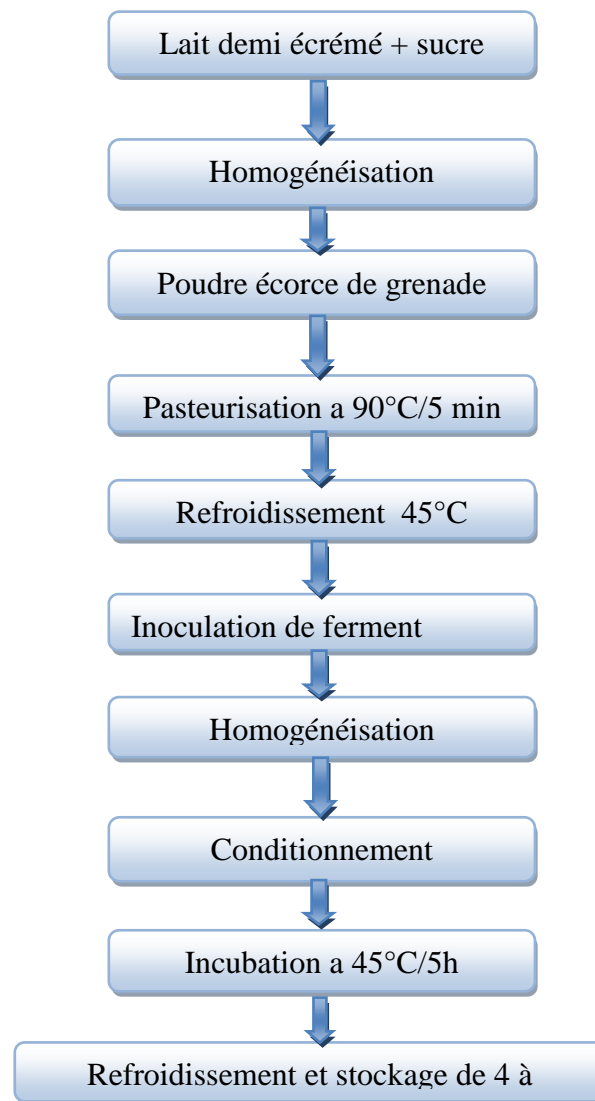


Diagramme 1 : Fabrication du yaourt étuvé élaboré.

2.3.Caractérisation du produit

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques du yaourt préparé ont été réalisées au niveau de la SARL RAMDY à AKBOU.

2.3.1. Préparation des échantillons

Les échantillons de yogourt ont été centrifugés à 3000 tr à 4 ° C pendant 20 min. Après filtration, le surnageant a été utilisé pour évaluer les polyphénols et l'activité antioxydante. Les mêmes protocoles ont été utilisés (Perna et al., 2013).

2.4. Analyses physicochimiques du yaourt

Les analyses physico-chimiques du yaourt ont pour but d'assurer une meilleure stabilité et une qualité organoleptique et hygiénique en respectant les normes de Journal Officiel.

➤ Mesure du pH (JORA., 2017)

La fédération internationale du lait (F.I.L), exige une teneur de 0.7% d'acide lactique. Cette valeur a été respectée dans certains pays avec une variabilité allant de 0.6 à 1.5%. Certaines normes imposent un Ph inférieur à 4.5 ou 4.6.

✓ Principe

Le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H^+ , contenu dans une solution. Le but est de pouvoir mesurer quantitativement l'acidité de celle-ci, le PH a été déterminé par un PH mètre qui mesure la différence du potentiel entre deux électrodes qui sont émergées dans un échantillon.

✓ Protocole

Après étalonnage dans des solutions mères (ph7 et ph 4,01), la mesure du pH a été effectuée à l'aide d'une soude d'un pH mètre (HANNA). L'électrode du pH-mètre a été plongée dans le yaourt contenu dans un bécher. La valeur du pH a été affichée sur l'écran de l'appareil. Les figures suivantes représentent les photos de mesure du PH pour yaourt témoin (A) et yaourt enrichi (B).

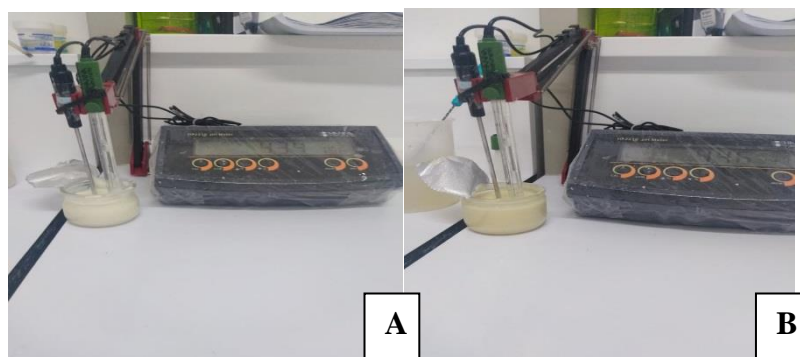


Figure 6 : Mesure de pH pour les deux yaourts élaborés.

➤ **Mesure de l'acidité (JORA., 2017)**

La réglementation Algérienne exige que, lors de la mise en consommation, la quantité d'acide lactique libre contenu dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0.8g pour 100 g de produit.

✓ **Principe**

L'acidité correspond à la quantité d'acide lactique contenu dans le yaourt, elle est déterminée par un titrage acido-basique, du yaourt élaboré, en utilisant une solution basique du NaOH.

Elle est exprimée en degré Dornic (D°).

✓ **Protocole**

L'échantillon a été amené à une température de 20-25°C, un mélange de 10g de l'échantillon ont été mis dans un bécher de 50 ml auquel on a ajouté 10 ml d'eau distillée et trois gouttes de phénol phtaléine. Le mélange a été ainsi titré avec du NaOH à 0,1N jusqu'au pH 8,30. Le volume de NaOH ainsi obtenu a été noté en ml puis les résultats sont exprimés selon le calcul suivant :

$$\text{Acidité titrable (g/l)} = (v \times 0,9) / m$$

V : Le volume en ml de la solution de soude utilisé pour le titrage.

m : La masse en gramme de la prise d'essai.

0,9 : Le facteur de conversion pour l'acide lactique.

Le degré Dornic (D°) correspond à 0,01g d'acide lactique par litre de produit.

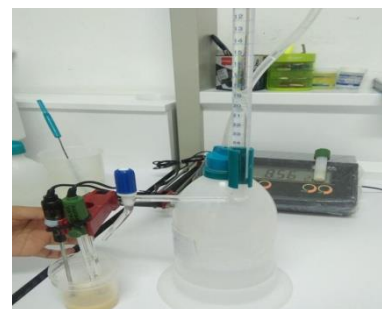


Figure 7 : Mesure de l'acidité.

➤ **Mesure de l'extrait sec total : (JORA, 2017)**

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l.

✓ **Protocole**

Après avoir mélangé le yaourt, 2g de ce dernier ont été pesés et étalés sur la surface de la coupelle puis mis sur le dessiccateur à 105°C, tout en respectant la symétrie

de l'échantillon. Le résultat sera affiché directement sur l'appareil et exprimé en pourcentage.

➤ **Le Brix ou taux de sucre (JORA., 2017)**

La mesure du brix est basée sur la détermination du taux de sucre dans le yaourt. On a agité le yaourt puis on a posé quelques gouttes sur l'oculaire du refractomètre (HANNA). Le taux de sucre s'affiche directement sur l'écran de l'appareil (figure 7).



Figure 8 : Mesure du brix.

➤ **Détermination de la teneur en matière grasse (MG) : (JORA., 2017)**

Elle doit être au minimum inférieure à 3% dans le cas des yaourts (nature, sucré ou aromatisé), comprise entre 0.5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0.5 % pour les yaourts écrémés.

✓ **Principe**

Le principe est basé sur l'attaque des éléments de l'échantillon par l'acide sulfurique à l'exception de la matière grasse, la chaleur produite fait fondre la matière grasse. Cette dernière a été libérée par centrifugation en présence d'alcool iso amylique.

✓ **Protocole**

Dans un butyromètre (figure 8), on a introduit 10 ml d'acide sulfurique auquel on a ajouté 11ml du produit et 1 ml d'alcool iso-amylque puis on ferme le butyromètre ensuite

on a agité avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à la disparition des grumeaux.

Après avoir soigneusement agité le butyromètre, on l'a fait tourner et on l'a placé pour être centrifugé pendant 10mn à 1000 tours/min à une température de $65^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$.

La lecture doit s'effectuer rapidement en lisant les graduations correspondantes au niveau de la colonne lipidique. Le résultat = B-A avec :

B : Graduation correspondante au niveau supérieur de la colonne lipidique.

A : Graduation correspondante au niveau inférieur de la colonne lipidique.



Figure 9 : Photographie de la matière grasse.

2.5. Analyses microbiologiques du yaourt : (JORA., 2017)

Le contrôle microbiologique à l'objectif de garantir une certaine sécurité hygiénique et d'assurer une bonne qualité organoleptique.

- Une solution mère à été préparé : dans un flacon on a introduit 90ml de ringer auquel on a ajouté 10g du yaourt.

Tableau 3: Analyses microbiologiques des yaourts préparés.

Les germes recherchés	Mode opératoire	Normes
Entérobactérie	On a pris 1ml de la solution mère, déposé dans une boîte pétrie puis la gélose VRBG a été ensuite coulée en double. Un témoin gélose a été préparé. Une fois la gélose solidifiée, les boîtes ont été incubées dans l'étuve à 37°C/24h.	(JORA, 2017)
<i>Staphylococcus aureus</i>	On a pris 0,1 ml de la solution mère ensuite la déposé dans une boîte de pétrie, cette dernière a été coulée avec un milieu Baird Parker. Après solidification de la boîte on la incubé dans l'étuve à 37°C/48h.	(JORA, 2017)
Levure et moisissure	On a prélevé 1ml de la solution mère puis on la déposé dans une boîte de pétrie avec la gélose chlorophénicol. Un témoin gélose a été préparé au même temps. Après solidification de la gélose, les boîtes ont été incubées à 25°C/5jours.	(JORA, 2017)

2.6. Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle a pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits, de façon objective et qualifiable selon des critères bien définis d'aspect, de texture, de saveur et de goût. La séance de dégustation a été organisée le 30 avril 2019, au sein du laboratoire d'analyses sensorielles de la FSNV à l'université de Bejaia afin d'évaluer les caractéristiques sensorielles des yaourts élaborés :

A : yaourt témoin.

B : yaourt à base d'écorce de grenade.

C : yaourt à base d'écorce de grenade.

Les échantillons B et C, diffèrent par leurs concentrations en poudre de grenade.

2.7. Analyses statistiques :

Une étude statistique a été effectuée pour calculer les moyennes et les écarts-types de trois essais simultanés réalisés pour les différentes analyses puis une analyse statistique (ANOVA) a été appliquée aux données pour déterminer les corrélations a ($P < 0,05$) entre les teneurs et les activités antioxydantes, suivi d'un test LSD de Fisher pour avoir les groupes homogènes dans le cas étudié. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA 7.0.1 (Stat Soft).

1. Extraction, dosages des polyphénols et évaluation de l'activité antiradicalaire

1.1. Rendement d'extraction

La sélection du solvant est une étape importante pour obtenir des extraits avec des rendements acceptables et une forte activité antioxydante. Le rendement d'extraction des composés phénoliques d'écorce de grenade par macération avec de l'éthanol 70:30 et 50 :50 (v/v) est de 33% et 28.6% respectivement. Ces taux d'extraction sont supérieurs à ceux rapportés par **Malviya et al., (2014)** pour le solvant et aux mêmes proportions (16.28 avec de l'éthanol 50 :50 et 12% avec de l'éthanol 70 :30. Cette différence peut être due aux conditions d'extraction.

1.2. Teneur en polyphenols totaux

Les teneurs en composés phénoliques de l'extrait d'écorce de grenade sont représentés dans la figure 9.

Les résultats montrent que l'extrait d'écorce de grenade à Eth70 :30 contient une teneur largement élevée $105,35 \pm 10.58 \text{ mgEAG/g}$ par rapport à celle de l'extrait à Eth50 :50 avec une teneur de $103.95 \pm 7.75 \text{ mgEAG/g}$. Le test de LSD Fisher montre qu'il ya pas une différence significative ($p < 0,05$) entre les deux extraits. Les teneurs en ces composés peuvent être utilisés comme indicateur important de la capacité antioxydante (**Viuda-Martos et al., 2011**)

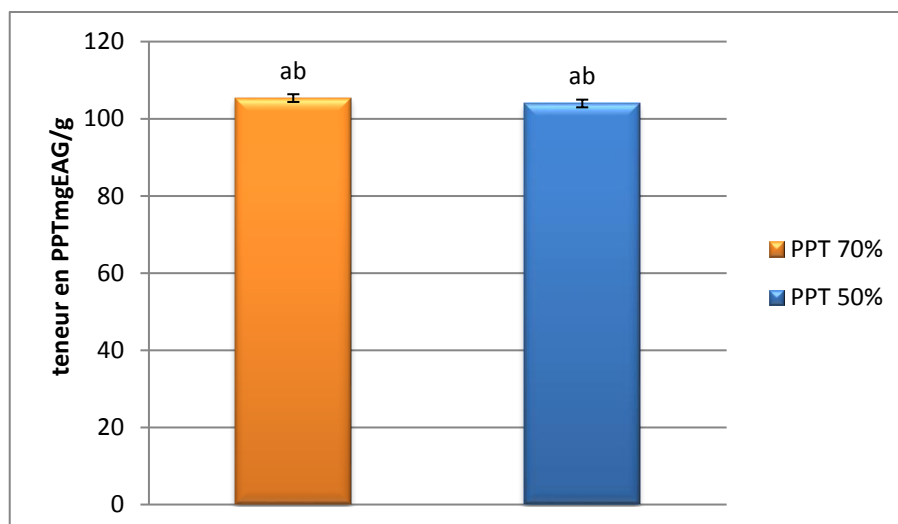


Figure 10 : Composition de l'extrait de la peau de grenade en composés phénoliques totaux

Li et al. (2006) ainsi que **Merzouk et al., (2018)** ont montré que la poudre d'écorce de grenade contient des quantités plus importantes en composés phénoliques que celles obtenues dans notre travail (249.4 mg EAG/g, 513.78 mg EAG/g). Par ailleurs, nos résultats sont supérieurs à ceux reportés par **Al-Rawahi et al., (2014)** (62.4 mg EAG /g) et par **Elfalleh et al., (2012)** (85.60 mg EAG /g). Tandis qu'ils sont comparables ou inférieurs à ceux de **Abid et al., (2017)** qui ont enregistré des valeurs qui variaient de 109.20 à 140.93 mg EAG /g selon la variété de grenade utilisée et à ceux de **Mekni et al., (2018)** qui variaient de 104.79 à 143.98 mg EAG /g. Ces différences peuvent être dues aux variétés de grenade utilisées, à l'origine et aux conditions environnementales ainsi qu'aux méthodes et aux solvants d'extraction.

1.3. Teneur en flavonoïdes

Il ressort de ces résultats (figure 10) que l'extraction par l'éthanol 70 :30 a donné une teneur en flavonoïdes plus élevée que l'extraction par l'éthanol 50 :50 avec des valeurs de $44,31 \pm 0,87 \text{ mgEQ/g}$ et $37,18 \pm 0,41 \text{ mg EQ/g}$ respectivement. Le test de LSD Fisher marque une différence très significative ($p < 0,05$) entre les deux extraits.

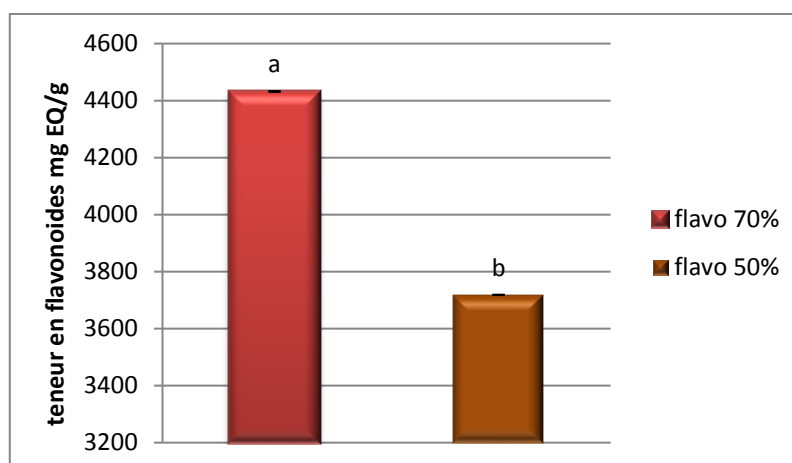


Figure 11 : Composition de l'extrait d'écorce de grenade en flavonoïdes.

Les résultats obtenus pour les flavonoïdes pour les deux extraits Eth50 :50 et Eth70 :30 sont proches à ceux trouvés par (Sultana et al., 2008) avec une valeur de 48,90mgEQ/g. Par contre les résultats obtenus sont supérieurs à ceux obtenue par Abid et al.,(2017) avec des valeurs qui variaient de 5.00-7.49mg EQ/g et de Mekni et al., (2018) qui variaient de 12.10 à 15.13 mg EQ/g.

Les conditions d'extraction, ainsi que la variété et l'origine des échantillons ainsi que la méthode de conservation des plantes peuvent affecter les teneurs en phénols et en flavonoïdes (Rawel et al., 2005; Abid et al., 2017 ; Mekni et al., 2018).

1.4. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont connus pour leurs rôle important dans la protection des membrannes cellulaires et des lipoprotéines contre les effets néfastes des radicaux libres, en raison de leur activité de piégeage de radicauxlibres (Sies et Stahl, 1995).

Les résultats obtenus (0.005420455 μ g/100g de β carotène) sont en accord avec ceux trouvés par Morton(1987),qui a indiqué que la teneur en caroténoïdes dans l'écorce de grenade est sous forme de traces. Par ailleurs Mekni et al.,(2018) ont rapportés des valeurs comprises entre 1.32 et 2.89 mg/g.

1.5. Evaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH)

Dans la présente étude, les extraits d'écorce de grenade montrent une variabilité significative de leur activité inhibitrice du radical DPPH. La plus haute activité est détectée

pour l'extrait à l'éthanol 70 :30(51.44%) tandis que l'extrait éthanolique à 50 :50 est de 45.26% (figure 11).L'analyse statistique montre qu'il y'a pas de différence significative ($p<0,05$) entre les deux extraits et la BHA.

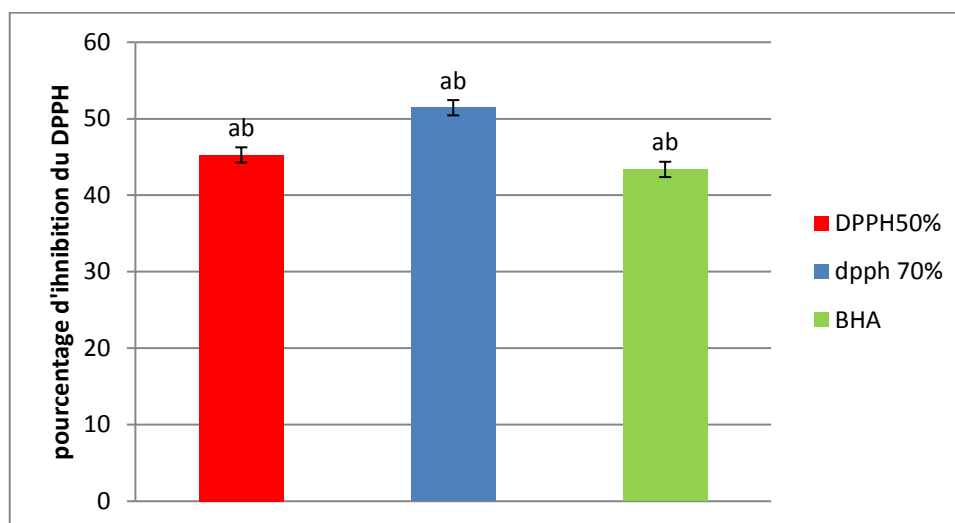


Figure 12 : Composition de l'extrait d'écorce de grenade en DPPH

Schulman et al, 2006) ont montrés également que l'écorce du fruit de grenadine démontre des propriétés antioxydante très importante.

2. Analyses physico-chimiques et microbiologiques du yaourt

2.1. Teneur en polyphénols totaux

Les résultats présentés dans la figure 12 montrent que le yaourt enrichi a une teneur plus élevée ($17\pm 0,002\text{mgEAG/g}$) par rapport au yaourt témoin ($11,7\pm 0,006\text{mgEAG/g}$).Le test de LSD Fisher marque une différence très significative ($p<0,05$) entre les deux yaourts. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par **El-Batawy et al., (2014)** ($26,19\text{ mg EAG/g}$) qui ont enrichi leur yaourt avec 2% de poudre d'écorce de grenade.

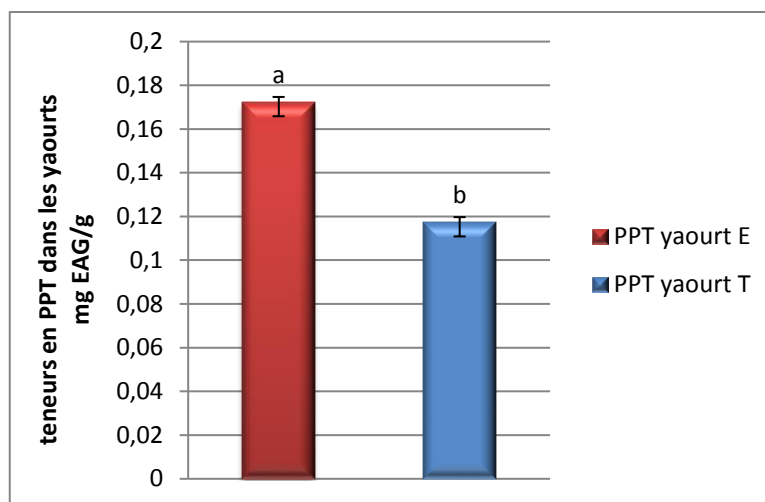


Figure 13 : Teneur en composés phénoliques totaux dans les yaourts élaborés

2.2. Teneurs en flavonoïdes

Les résultats en flavonoïdes des deux yaourts élaborés sont présentés dans la figure 13. Le test de LSD Fisher montre une différence très significative ($p < 0,05$) entre les deux yaourts.

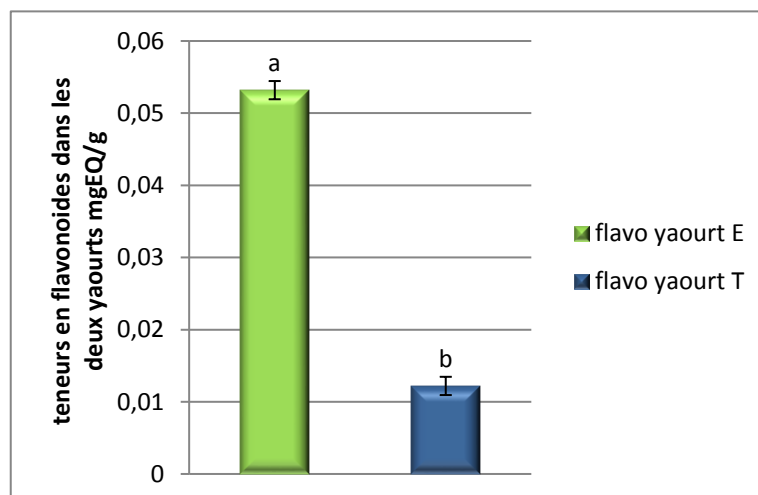


Figure 14 : Teneur en flavonoïdes dans les yaourts élaborés.

Ces résultats montrent que le yaourt enrichi est plus riche en flavonoïdes que le yaourt témoin avec des valeurs de $5,31 \pm 0,001$ mg EQ/g et $1,21 \pm 0,00122196$ mg EQ/g

respectivement. Cela confirme la richesse de l'écorce de grenade en composés phénoliques totaux et flavonoïdes.

2.3. Evaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH)

Les pourcentages d'inhibition du DPPH des yaourts élaborés sont représentés dans la figure 14. Le test de LSD Fisher marque une différence très significative ($p < 0,05$) entre les deux yaourts.

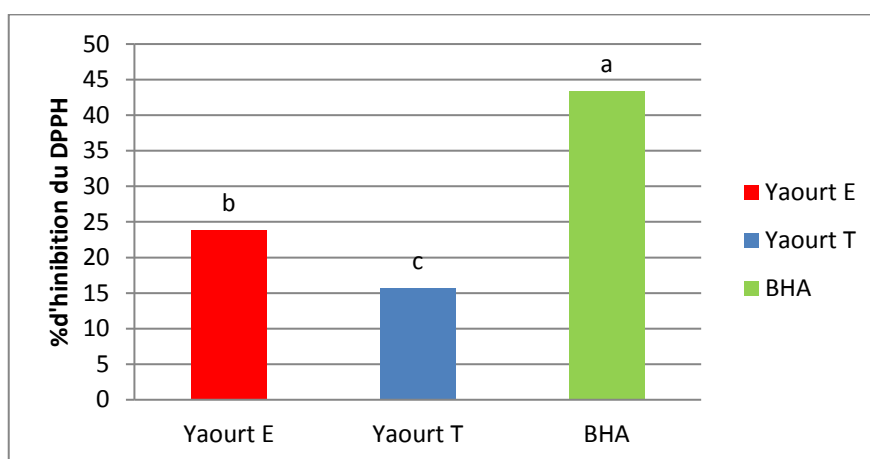


Figure 15 : Pourcentage (%) d'inhibition de yaourt enrichi et témoin.

On remarque que le yaourt enrichi montre un pourcentage d'inhibition plus élevé que le yaourt témoin, mais ces résultats restent inférieurs à la BHA.

D'après les résultats obtenus, l'ajout de la poudre d'écorce de grenade a révélé une augmentation de l'activité inhibitrice du radical DPPH ($23.89 \pm 18,02$ %), par rapport au yaourt témoin ($15.6425 \pm 11,39$ %). Ceci confirme l'activité antioxydante de l'écorce de grenade. Ce taux d'inhibition est inférieur à celui rapporté par **El-Batawy et al., (2014)** (96.24 mg EAG/g) qui ont enrichi leur yaourt avec 2% de poudre d'écorce de grenade.

2.4. Analyses physicochimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les yaourts élaborés sont représentés dans les tableaux ci-dessous :

➤ **PH**

L'analyse statistiques montre qu'il y a pas de différence significative à ($p < 0,05$) entre les deux yaourts. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau IV

Tableau 4: Résultats de PH pour les deux yaourts élaborés.

PH	J+1	J+7	J+21
Yaourt témoin	4.60	4.56	4.43
Yaourt enrichi	4.59	4.51	4.37
Normes (JORA)	4.30-4.80	4.30-4.80	4.30-4.80

Les valeurs de pH des produits analysés sont comprises entre 4.30 et 4.60. Ces résultats sont en accord avec les normes d'entreprise.

➤ **Acidité**

Le test LSD de Fisher montre qu'il n'y a pas de différence significative à ($p < 0,05$) entre les deux yaourts. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau V.

Tableau 5: Résultats d'acidité pour les deux yaourts élaborés.

Acidité	J+1	J+7	J+21
Yaourt témoin	79.5	82.5	84
Yaourt enrichi	81	87	90
Normes(JORA)	75-100	75-100	75-100

Les résultats d'acidité sont conformes à la norme recommandée par JORA (1998) et la FIL qui ne doit pas être inférieure à 80°C.

➤ **Extrait Sec Total (EST) :**

Le test LSD de Fisher révèle qu'il n'y a pas de différence significative à ($p < 0,05$) entre les deux yaourts. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau VI.

Tableau 6: Résultats d'extrait sec total pour les deux yaourts élaborés.

EST	J+1	J+7	J+21
Yaourt témoin	17.96%	17.50%	17.45%
Yaourt enrichi	19.12%	18.68%	17.52%
Norme (JORA)	23-25%	23-25%	23-25%

Les résultats d'extrait sec du yaourt enrichi varient entre 17.52% et 19.12%. Elles sont supérieures à celles du yaourt témoin qui varient entre 17.45% et 17.96%. Cependant, ces résultats sont inférieurs à la norme et cela peut être dû à la nature du lait et les matières premières utilisée. Nos valeurs sont similaires à celles signalés (15 et 20.69%) par (Chibane, 2012), pour des yaourts enrichis d'écorce de grenade. Nos données sont inférieures à celle signalées par Amellal –Chibane., (2008) pour les yaourts à base de la poudre de dattes qui sont entre 20.64 et 21.39%.

➤ **La matière grasse (MG) :**

Le test LSD de Fisher marque qu'il n'y a pas de différence significative à ($p < 0,05$) entre les deux yaourts. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau VII.

Tableau 7: Résultats de la MG pour les deux yaourts élaborés.

Matière grasse	J+1	J+7	J+21
Yaourt témoin	1.36	1.46	1.40
Yaourt enrichi	1.30	1.30	1.40
Norme (JORA)	2.7-3	2.7-3	2.7-3

Les résultats de la MG pour les yaourts analysés varient entre 1.30 et 1.46. On constate que les valeurs de la MG dans le yaourt enrichi est inférieure à celle du yaourt nature. Ces résultats sont également inférieurs à la norme.

Selon Ihemeje et al., (2015), la teneur en MG dans les yaourts dépend de la MG du lait utilisé lors de la formulation.

➤ **Brix :**

Le test LSD de Fisher marque qu'il n'y a pas de différence significative à ($p < 0,05$) entre les deux yaourts. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau VIII.

Tableau 8: Taux de brix pour les deux yaourts élaborés.

Taux de brix	J+1	J+7	J+21
Yaourt témoin	18.8%	18%	17.2%
Yaourt enrichi	19.2%	18.6%	17%
Norme (JORA)	16-17%	16-17%	16-17%

2.5. Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus pour les 2 yaourts élaborés sont illustrés dans le tableau IX.

Tableau 9: Résultats des analyses microbiologique du yaourt.

Germes recherchés	Entérobactérie	Staphylococcus aureus	Levure et moisissure
Yaourt			
Yaourt témoin	0	0	Abs
Yaourt enrichi	0	0	Abs
Normes (JORA, 2017)	10 ² ufc (1)/g	10 ² ufc (1)/g	Absences/g

D'après les résultats obtenus, le yaourt témoin et le yaourt enrichi présentent des propriétés microbiologiques conformes aux normes du Journal Officiel Algérien.

La conformité des yaourts fabriqués revient aux bonnes conditions hygiéniques lors de la production et de stockage, ainsi qu'au respect des règles d'asepsie lors des prélèvements de l'écorce de grenade (séchage, broyage et tamisage) et l'incorporation de notre échantillon dans le yaourt.

2.6. Analyses sensorielles

2.6.1 Caractérisation des produits

Cette analyse permet de caractériser des produits alimentaires en fonction des préférences de jury dégustateurs. Il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent mieux ces produits et déterminent les caractéristiques importantes de ces derniers dans le cadre de l'analyse sensorielle (HUSSON *et al.*, 2009).

2.6.2. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant à celui qui a le plus faible. Les valeurs de p-values sont aussi affichées.

a. Résultats

La figure ci-dessous représente le résultat obtenu pour le pouvoir discriminant par descripteurs pour les jurys.

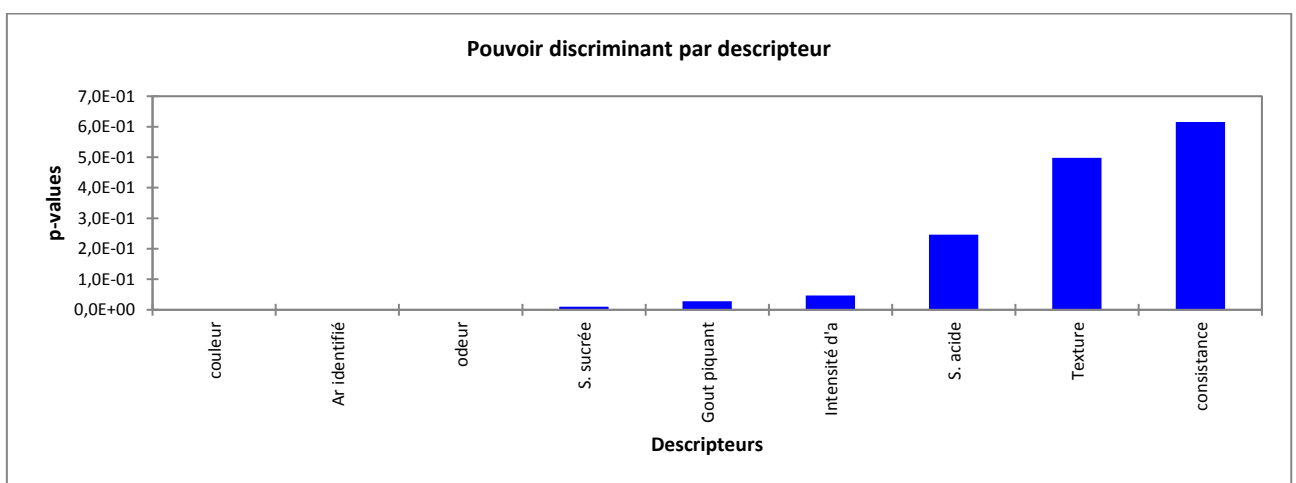


Figure 16 : Pouvoir discriminant par descripteur

b. Discussion

- ✓ Les descripteurs les plus discriminants sont : la couleur, l'arôme identifié, l'odeur et la saveur sucrée, cela prouve que les experts ont constaté des divergences de ces caractéristiques pour les trois échantillons selon les différents ingrédients. Ce qui signifie la réussite du procédé de fabrication adopté.
- ✓ Les descripteurs les moins discriminants sont : le gout piquant, l'intensité de l'arôme, la saveur acide, la texture et la consistance, ce qui a prouvé que les experts

- ✓ n'ont pas constaté des divergences des descripteurs énumérés précédemment pour les trois échantillons utilisés.

2.6.3. Coefficient des modèles

Dans ce test, les résultats du traitement des données effectuées pour chaque combinaison descripteur-produit (le coefficient, la moyenne estimée, la p-value ainsi qu'un intervalle de confiance sur le coefficient) sont affichés.

a. Résultats :

Les résultats des coefficients du modèle sont représentés dans la figure suivante :

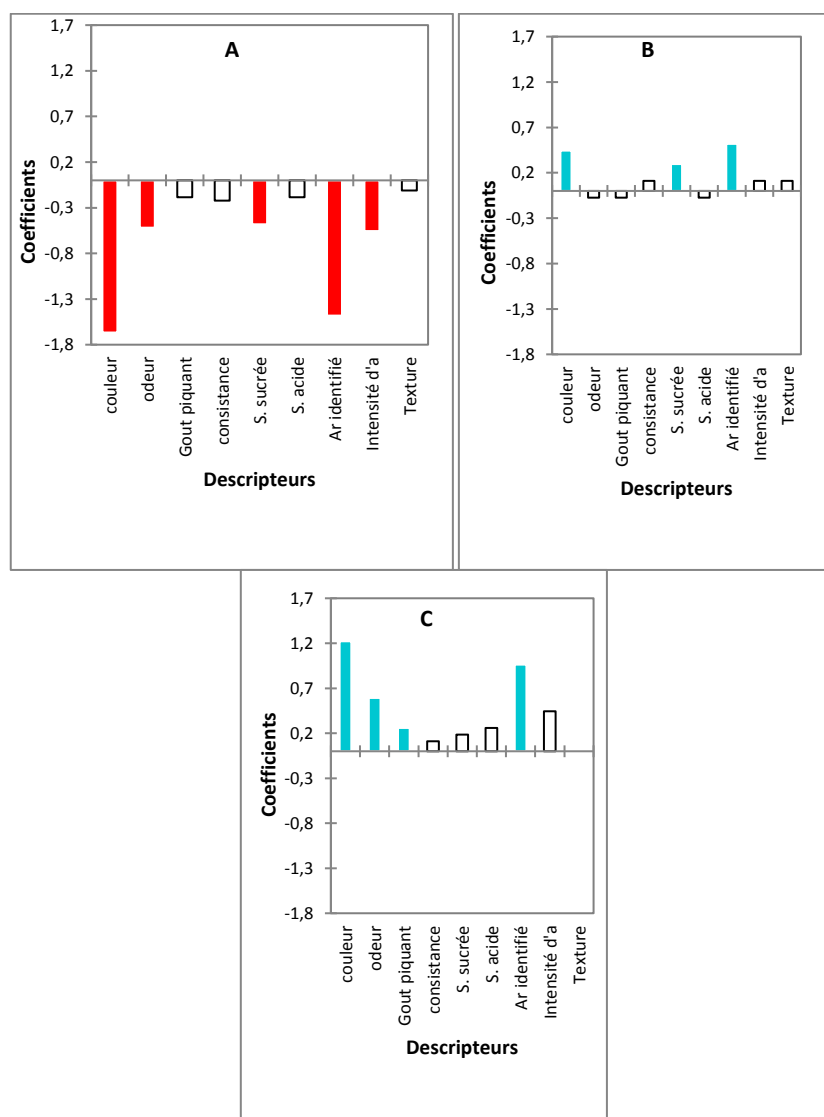


Figure 17 : Coefficients des modèles des échantillons de yaourt A, B et C.

Discussion

Les graphiques des figures précédentes permettent de définir l'appréciation des échantillons selon les experts comme suit :

- ✓ L'échantillon A : en rouge, dont les caractéristiques sont significativement négatives, en blanc les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatives. Le yaourt A qui est notre témoin a une couleur faiblement intense, odeur faible, saveur sucrée est faible, arôme n'est pas identifié et absence d'arôme. Les cinq descripteurs cités ci-dessus ne sont pas appréciés par l'ensemble des experts.
- ✓ L'échantillon B : en bleu, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positifs, en blanc les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs. Le yaourt B est caractérisé par une couleur intense, une bonne saveur sucrée et un arôme identifié.
- ✓ L'échantillon C : en bleu, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positifs, en blanc les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs. Le yaourt C est caractérisé par une couleur fortement intense, une forte odeur, goût piquant et un arôme identifié.

2.6.4. Moyenne ajustée par produits

Le but de ce test est de définir : les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

a. Résultat

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés dans le tableau suivant :

- ✓ Pour les jurys experts :

Tableau 10: Moyennes ajustées par produit pour les sujets experts.

	C	B	A
Couleur	4.333	3.556	1.444
Intensité d'a	2.778	2.444	1.778
Ar Identifié	4.000	3.556	1.556
Consistance	3.222	3.222	2.889
Odeur	3.333	2.667	2.222
S. Sucrée	3.444	3.556	2.778
Gout Piquant	1.444	1.111	1.000
S. acide	2.111	1.778	1.667
Texture	4.000	4.111	3.889

b. Discussion

Le tableau des moyennes ajustées par produit a permis de faire ressortir les moyennes lorsque l'on croise les différents produits et les caractéristiques. Les colonnes en bleu correspondent à un effet significativement positif du descripteur sur le produit et les colonnes en rouge correspondent à un effet significativement négatif du descripteur sur le produit.

Les résultats sont représentés comme suit :

- ✓ Pour le yaourt C : il est caractérisé d'une couleur beige foncé intense, un arôme de citron identifié, une odeur moyenne, absence de gout piquant et les autres caractéristiques sont proche de la moyenne.
- ✓ Pour le yaourt B : il est caractérisé d'une couleur beige intense, un arôme de grenade identifié et une saveur sucrée moyenne et les autres caractéristiques sont proches de la moyenne.
- ✓ Pour le yaourt A : il est considéré comme un yaourt d'une couleur et un arôme qui ne sont pas intense, arôme faible, odeur faible et une saveur sucrée faible.

2.6.5. Cartographie des préférences

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux caractéristiques physico-chimiques, sensorielles ou économiques des produits. Cette approche est essentielle mais ce n'est pas sur cette base que les équipes marketing pourront

adapter les produits aux goûts des consommateurs. Elle 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 des consommateurs en certains points de l'espace de représentation.

N.B : Les données utilisées sont celles du jury expert pour l'ACP, et celles des consommateurs naïfs pour la CAH.

2.6.6. Analyse en composantes principales (ACP)

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

La carte ci-dessous présente les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

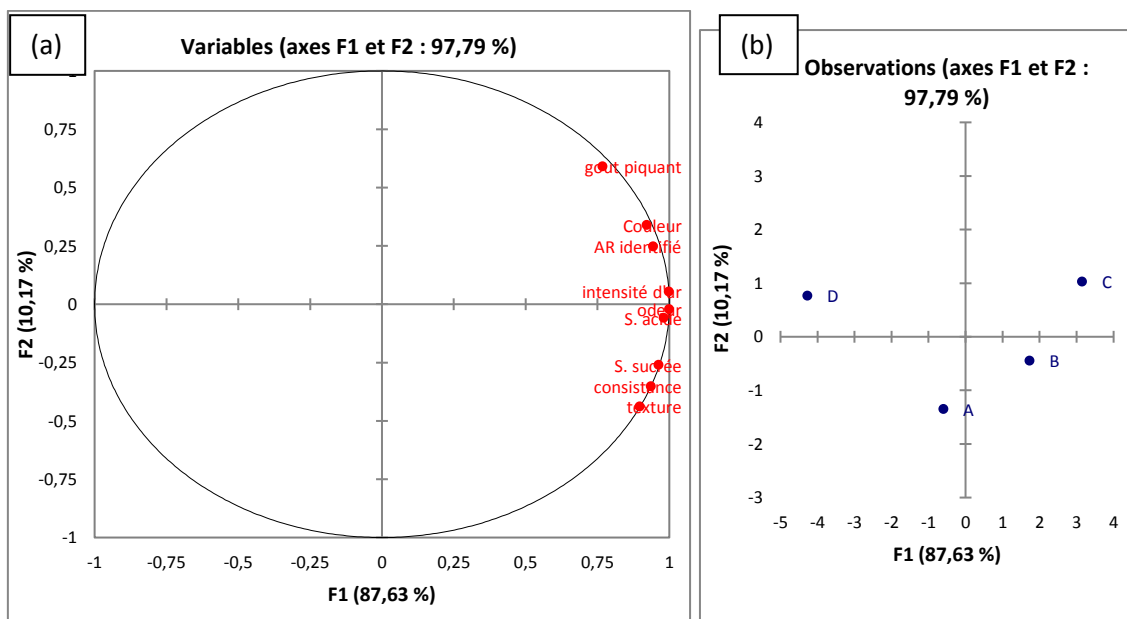


Figure 18 : Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b).

La figure 17 montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle et que le niveau de variabilité est de 100% (F1-F2 : 97,79% - 10,17%). Cela permet de constater que

les produits ont été perçus par les experts comme assez différents, car les descripteurs sont bien dispersés dans le cercle.

2.6.7. Classification Ascendance Hiérarchique (CAH)

La CAH est une méthode de classification. Les résultats permettant de visualiser le regroupement progressif des données produisent un arbre binaire de classification (dendrogramme), dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus (Evirittet *al.*, 2001).

Les dendrogrammes suivants permettent de présenter les différentes classes créées par les consommateurs naïfs.

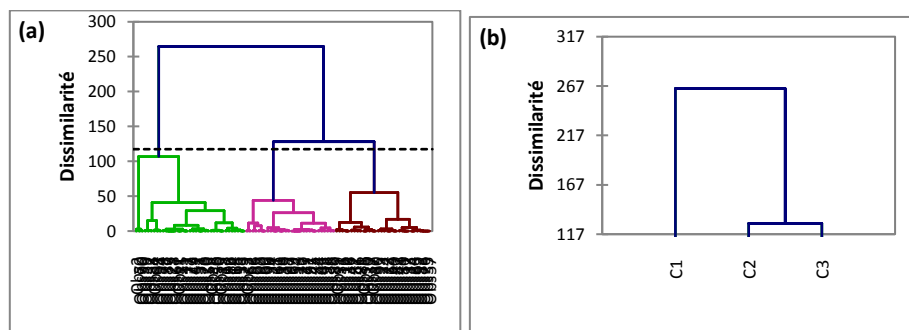


Figure 19 : Dendrogramme des consommateurs naïfs (a), les différentes classes de consommateurs naïfs (b).

Le graphe suivant représente le profil des différentes classes créées :

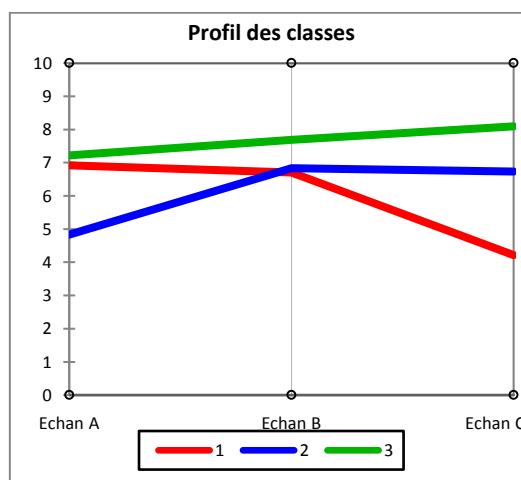


Figure 20 : Profil des différentes classes créées.

La figure 19 permet de visualiser et de comparer graphiquement les moyennes des trois classes générées par la CAH.

2.6.8. . Synthèse de mapping des préférences

a. Résultat

Tableau 12: Objet classé par ordre croissant

Classe 1	Classe2	Classe 3
Produit C	Produit A	Produit A
Produit B	Produit B	Produit B
Produit A	Produit C	Produit C

Tableau 11: Pourcentage de juges satisfaits pour de préférence, chaque objet

Objet	%
Produit A	67%
Produit B	100%
Produit C	67%

b. Discussion

- ✓ Le tableau A correspond à la classification des objets par ordre croissant des préférences. Dans ce tableau les échantillons sont affichés par ordre croissant de préférence pour chaque juge. L'échantillon le plus préféré pour la classe 1 est le produit C, pour la classe 2 c'est le produit A et pour la classe 3 l'échantillon le plus préféré est le produit A.
- ✓ Le tableau B correspond au pourcentage de juges satisfait. Dans ce tableau sont affichés pour chaque produit le pourcentage de juges étant au-dessus du seuil fixé. L'échantillon B a un pourcentage de satisfaction de 100%, suivi des échantillons A et C avec un pourcentage plus petit par rapport au 1^{er} échantillon qui est égale de 67%, cela veut dire que ce sont les produits les moins appréciés.

✓

2.6.9. Courbe de niveau et carte des préférences

a. Résultat

La figure suivante présente la courbe des niveaux et la carte des préférences :

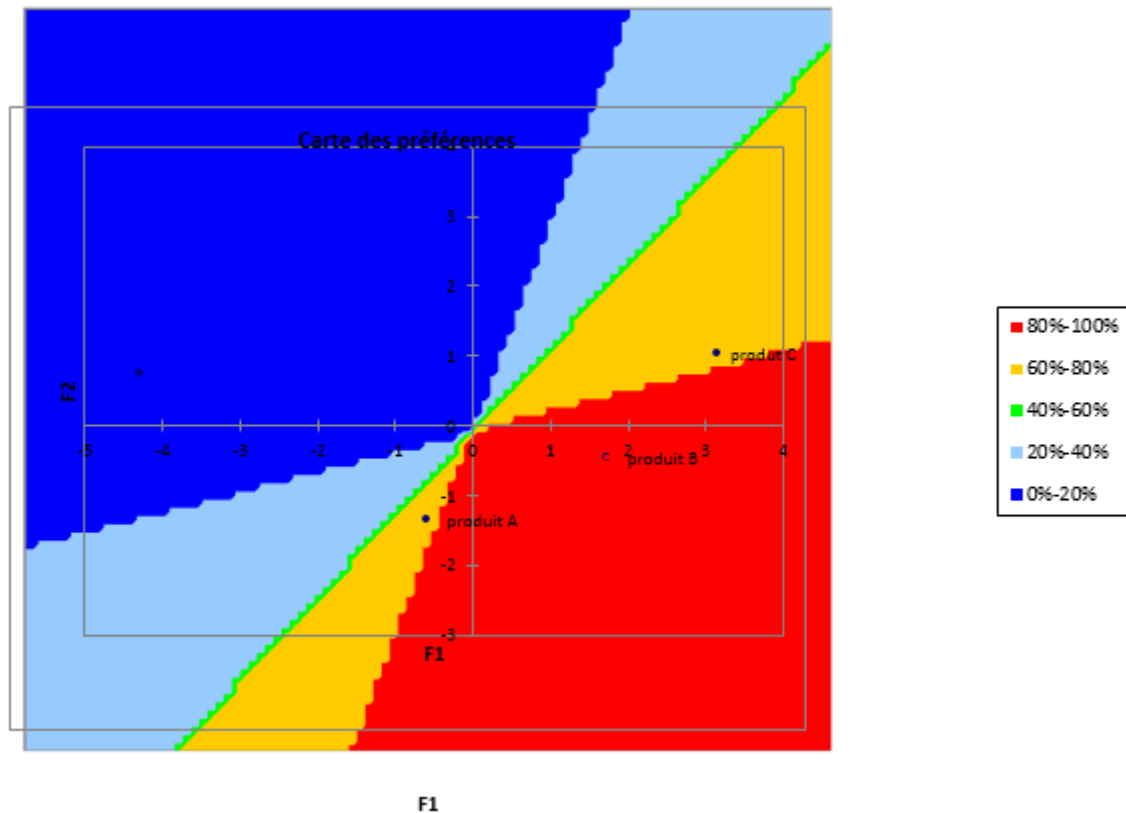


Figure 21 : Courbe des niveaux et carte des préférences.

b. Discussion

D'après les résultats obtenus, le groupe de la classe 1 préfère le yaourt B qui est caractérisé par son odeur intense, son goût sucré, son acidité, sa texture et sa consistance. Le groupe de la classe 2 préfère le yaourt C qui est caractérisé par sa couleur intense, son goût piquant, son arôme identifié et intense. Le yaourt A n'est pas apprécié.

Conclusion

L'objectif de la présente étude est d'élaborer un yaourt étuvé enrichi avec l'écorce de grenade en s'intéressant à sa composition en antioxydants et à son activité antiradicalaire. Nous avons effectué un stage pratique qui nous a permis de formuler notre produit dans les meilleures conditions, d'enrichir nos connaissances dans le domaine de l'industrie laitière, particulièrement dans la fabrication du yaourt et de s'expérimenter dans le domaine du contrôle de la qualité alimentaire.

Le yaourt enrichi par l'écorce de grenade à une activité antioxydante élevée par rapport à celle du yaourt témoin avec un pourcentage d'inhibition de 23,89% et 15,64% respectivement. Cette activité est dépendante de la teneur en polyphénols.

Les résultats obtenues montrent que le yaourt enrichi avec l'écorce de grenade est plus riche en composés phénoliques et en flavonoïdes que le yaourt témoin avec des teneurs de 17,22 mg EAG/g et 0,053148283 mg EQ/100g respectivement.

Les analyses physico-chimiques des yaourts élaborés sont conformes aux normes. pH (4.60-4.37), acidité (79.5-90 °D°), extrait sec (17.96%-19.12%), matière grasse (1.36-1.40) et le Brix (17- 19.2). Les yaourts ont gardé leurs stabilités, viscosité, douceurs après un suivi de 21 jours.

Les résultats obtenus après les analyses microbiologiques sont conformes aux normes, ils ont révélé l'absence totale des entérobactéries, levures et moisissures, *staphylococcus aureus*.

L'analyse sensorielle a montré une grande appréciation du jury et des sujets naïfs vis à vis du yaourt B à base d'écorce de grenade.

En perspective, il serait intéressant d'approfondir cette étude en faisant des:

- Dosages des tannins, pouvoir réducteur de l'extrait d'écorce de grenade ainsi que l'acidité et le taux de sucre...
- Une étude sur la formulation du yaourt avec écorce de grenade par le plan d'expérience afin de déterminer la meilleure formule.
- Etude de l'effet d'addition de l'écorce de grenade sur la croissance des bactéries lactiques.

Références bibliographiques

A

- Aherne, S. A., & O'Brien, N. M. (2002). Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition*, 18(1), 75-81.
- Al-Rawahi, A. S., Edwards, G., Al-Sibani, M., Al-Thani, G., Al-Harrasi, A. S., & Rahman, M. S. (2014). Phenolic constituents of pomegranate peels (*Punica granatum* L.) cultivated in Oman. *European Journal of Medicinal Plants*, 4(3), 315-331.
- Al-Said, F., Opara, L. a., & Al-Yahyai, R. (2009). Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in the Sultanate of Oman. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 129-134.
- Amellal R, 2000, La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. Institut National d'Agronomie El- Harrache. Option méditerranéenn. Sér.B N° 14.Pp. 230-232).
- AnnamariaPerna ,ImmacolataIntaglietta , AmaliaSimonetti , and Emilio Gambacorta. Antioxidant activity of yogurt made from milk characterized by different casein haplotypes and fortified with chestnut and sulla honeys. (2013). *J. DairySci.* 97 :1–9
- Aviram, M., Dornfeld, L., Rosenblat, M., Volkova, N., Kaplan, M., Coleman, R., . . . Fuhrman, B. (2000). Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice. *The American journal of clinical nutrition*, 71(5), 1062-1076.

B

- BEAL, C., & SODINI, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Techniques de l'ingénieur. Bioprocédés*(F6315).
- Bergamaier, D. (2002). *Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de lactobacillus rhamnosus RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum*. Thèse de doctorat, université de Laval, Canada.
- Bouchenak, F., Rey, P., Henri, P., & Benrebiha, F. (2015). Mécanismes adaptatifs d'une halophyte spontanée *Atriplex halimus* sous condition de stress salin et hydrique. *l'érosion éolienne pour différents états de surface du sud tunisien (Mohamed)*(37), 103-118.

C

- calin,S.A,et carbonel,B.A.A, 2005-la grenade cultivée en Espagne punicalagine antioxydante de jus de grenade et de l'extrait de grenade dans les aliments fonctionnelle du fruit livre natural antioxydant granatum,université Miguel Hernandez (EDS), Murcia Espagne,77p
- Chibane, M. (2012). A. Characteristics and acceptance of yogurt containing, pomegranate (*Punica granatum*) peel powder.
- Chouchouli, V., Kalogeropoulos, N., Konteles, S. J., Karvela, E., Makris, D. P., & Karathanos, V. T. (2013). Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *LWT-Food science and Technology*, 53(2), 522-529.
- Cidil et Inra, 2009, Du lait aux produits laitiers. Ed. Cidil. Paris. 19p.
- Corrieu, G., & Béal, C. (2016). Yogurt: the product and its manufacture.

Références bibliographiques

Czeczot, H. (2000). Biological activities of flavonoids-a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 9(4), 3-13.

D

da Silva, J. A. T., Rana, T. S., Narzary, D., Verma, N., Meshram, D. T., & Ranade, S. A. (2013). Pomegranate biology and biotechnology: a review. *Scientia Horticulturae*, 160, 85-107.

Dellagio et al., 1994 ; Roussel et al., 1994, Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *lb. rhamnosus* rw 9595m d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse doctorat, université de Laval, Canada. Pp149).

Doleyres, Y. (2003). Production en continu de ferments lactiques probiotiques par la technologie des cellules immobilisées.

E

El-Batawy, O., Ashoush, I., & Mehanna, N. S. (2014). Impact of mango and pomegranate peels supplementation on quality characteristics of yoghurt with or without whey powder. *World J. Dairy Food Sci*, 9(1), 57-65.

Elfalleh, W., Hannachi, H., Tlili, N., Yahia, Y., Nasri, N., & Ferchichi, A. (2012). Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(32), 4724-4730.

EVERITT B.S., LANDAU S., LEESE M. (2001). Cluster analysis, 4ème éd. Arnold, London, p. 35- 42.

Evreinoff, V. (1957). Contribution à l'étude du Grenadier. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 4(3), 124-138.

F

Fatiha, B., Khodir, M., Farid, D., Tiziri, R., Karima, B., Sonia, O., & Mohamed, C. Research Article Optimisation Of Solvent Extraction Of Antioxidants (Phenolic Compounds) From Algerian Mint (*Mentha spicata* L.).

Fournier, P. (1948). *Le livre des plantes médicinales et vénéuses de France: 1.500 espèces par le texte et par l'image, d'après l'ensemble de nos connaissances actuelles* (Vol. 25): P. Lechevalier.

G

Gosta B, 1995, Manuel de transformation du lait. Ed Etat pack processing systems AB. Sweden).

Gossiau, A., & Chen, K. Y. (2004). Nutraceuticals, apoptosis, and disease prevention. *Nutrition*, 20(1), 95.

Gundgaard, J., Nielsen, J. N., Olsen, J., & Sørensen, J. (2003). Increased intake of fruit and vegetables: estimation of impact in terms of life expectancy and healthcare costs. *Public health nutrition*, 6(1), 25-30.

H

Hmid, I. (2013). *Contribution a la valorisation alimentaire de la Grenade Marocaine (Punica Granatum L.): caracterisation physicochimique, biochimique et stabilite de leur jus frais*. Université d'Angers.

Holland, D., Hatib, K., & Bar-Ya'akov, I. (2009). 2 Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. *Horticultural reviews*, 35(2), 127-191.

HUSSON F., PAGÈS J. (2009). SensoMiner dans Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique, 3ème éd. Lavoisier, vol. 23, p. 16.

I

Ihemeje, A., Nwachukwu, C., & Ekwe, C. (2015). Production and quality evaluation of flavoured yoghurts using carrot, pineapple, and spiced yoghurts using ginger and pepper fruit. *African Journal of Food Science*, 9(3), 163-169.

J

Jayaprakasha, G. K., & Rao, L. J. (2000). Phenolic constituents from the lichen *Parmotrema stuppeum* (Nyl.) Hale and their antioxidant activity. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 55(11-12), 1018-1022.

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

K

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

L

Lairini, S., Bouslamti, R., Zerrouq, F., & Farah, A. (2014). Valorisation de l'extrait aqueux de l'écorce de fruit de *Punica granatum* par l'étude de ses activités antimicrobienne et antioxydante (Enhancement of the aqueous extract of the bark of *Punica granatum* fruit through the study of its antimicrobial and antioxidant activities). *J Mater Env. Sci*, 5(S1), 2314-2318.

Lansky, E. P., & Newman, R. A. (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of ethnopharmacology*, 109(2), 177-206.

Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food chemistry*, 96(2), 254-260.

Longtin, 2003, cancer spectrum ,org/cgi/content/full/jnci95/5/346.1409. longtini.pp. 346-348.

M

Madhavi, D. L., Deshpande, S., & Salunkhe, D. K. (1995). *Food antioxidants: Technological: Toxicological and health perspectives*: CRC Press.

Manel Mekni1*, Wafa Kharroubi1, Guido Flamimi2, Mariem Garrab3, Maha Mastouri3 and Mohamed Hammam. Comparative Study between Extracts of Different Pomegranate Parts Issued from Five Tunisian Cultivars (*Punicagranatum* L.): Phytochemical Content, Volatile Composition and Biological Activity . *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* (2018) 7(5): 1663-1682.

Références bibliographiques

- Marty-Teyssset, C., De La Torre, F., & Garel, J.-R. (2000). Increased Production of Hydrogen Peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* upon Aeration: Involvement of an NADH Oxidase in Oxidative Stress. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66(1), 262-267.
- Merzouk, H., Bedja, B., Benmeziane, B., Touati, N., & Chibane, M. (2018). Effect of Pomegranate Peel Extract on *Candida albicans* Growth and Biofilm Formation. *Phytothérapie*.
- Mohamed Amine Ben Abdennebi, 2012. Le grenadier tunisien (*Punicagranatum*) stimule le transport de glucose dans les cellules musculaires C2C12 via la voie insulino-dépendante de l'Akt et la voie insulino-indépendante de l'AMPK. Département de pharmacologie Faculté de Médecine, Université de Montréal.
- PRAKASH C ; PRAKASH I, 2011. - Bioactive chemical constituents from pomegranate (*Punicagranatum*) juice, seed and peel-A Review - . *IJRCE*
- Morton J.F. (1987). Pomegranate. In: *Fruits of warm climates*. Ed. *Creative resources systems*. Miami, Florida: p.352-355.

P

- Prakash, C. V. S., & Prakash, I. (2011). Bioactive chemical constituents from pomegranate (*Punica granatum*) juice, seed and peel-a review. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 1(1), 1-18.

Q

- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., . . . Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology*, 72(1-2), 35-42.

R

- Rawel, H. M., Meidtner, K., & Kroll, J. (2005). Binding of selected phenolic compounds to proteins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4228-4235.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimato, A., & Heimler, D. (2006). Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Food chemistry*, 95(2), 221-225.

S

- Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M., & Toth-Markus, M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38(8-9), 1023-1029.
- Schuck, P., Dolivet, A., & Jeantet, R. (2012). *Les poudres laitières et alimentaires: Techniques d'analyse*: Lavoisier.
- Schulman, R. N., Seeram, N. P., & Heber, D. (2006). Pomegranates: Ancient roots to modern medicine.
- Shalini Malviya&Arvind&AlokJha&NavamHettiarachchy. Antioxidant and antibacterial potential of pomegranate peel extracts. *J Food Sci Technol* (December 2014) 51(12):4132-4137.

Références bibliographiques

- Sies, H., & Stahl, W. (1995). Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. *The American journal of clinical nutrition*, 62(6), 1315S-1321S.
- Sultana, B., Anwar, F., Asi, M. R., & Chatha, S. A. S. (2008). Antioxidant potential of extracts from different agro wastes: Stabilization of corn oil. *Grasas y aceites*, 59(3), 205-217.

T

- Tamegart, L., Abbaoui, A., Makbal, R., Zroudi, M., Bouizgarne, B., Bouyatas, M. M., & Gamrani, H. (2019). Crocus sativus restores dopaminergic and noradrenergic damages induced by lead in Meriones shawi: A possible link with Parkinson's disease. *Acta histochemica*, 121(2), 171-181.
- Tamime, A., & Deeth, H. (1980). Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of food protection*, 43(12), 939-977.

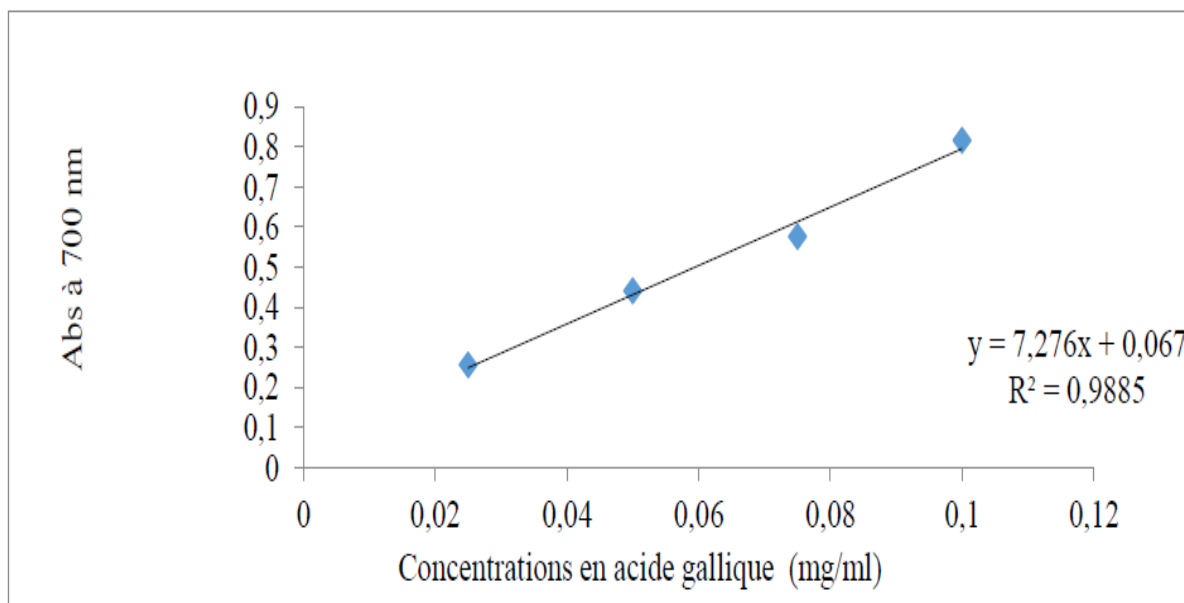
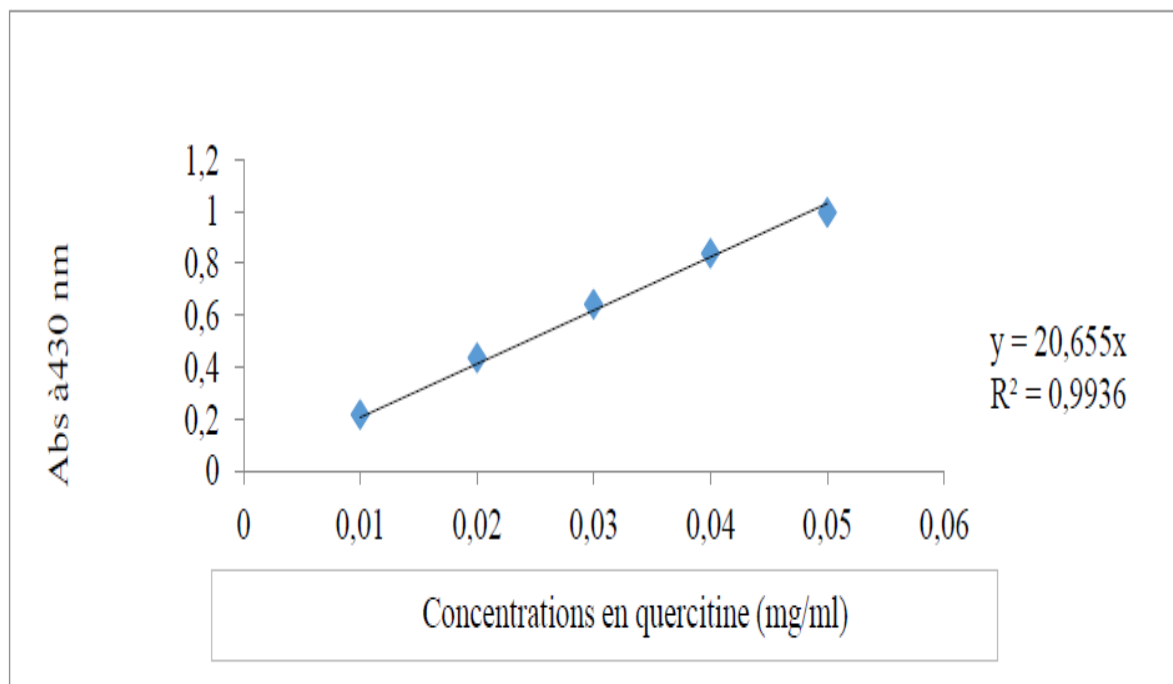
V

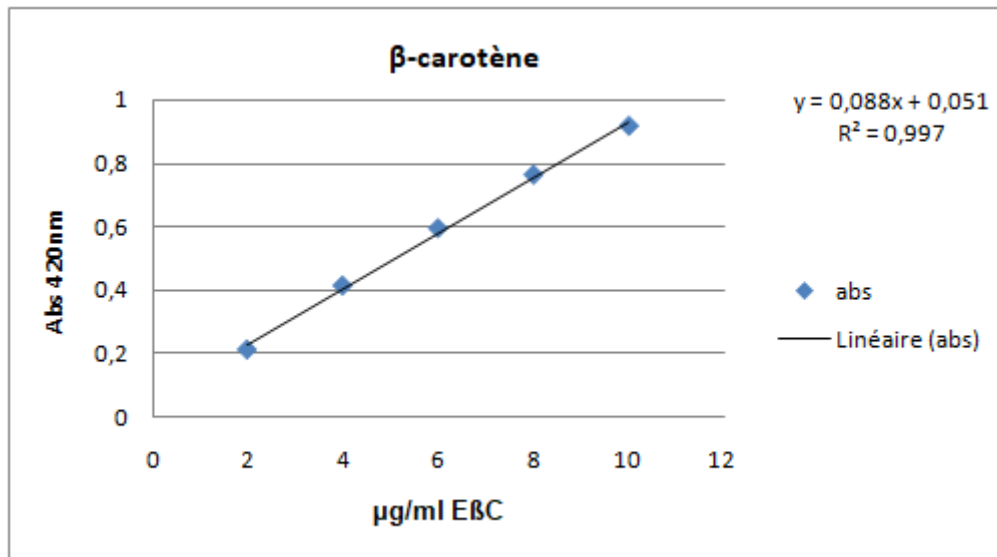
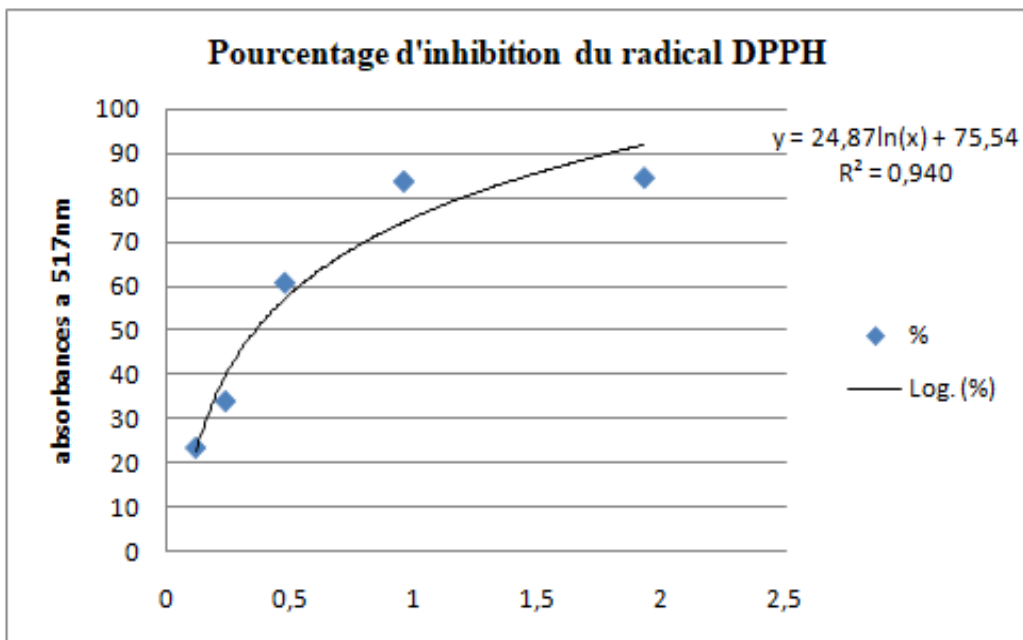
- Vilain, A.-C. (2010). Qu'est-ce que le lait ? *Revue Française d'Allergologie*, 50(3), 124–127. doi:10.1016/j.reval.2010.01.032

- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2011). Antioxidant properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses obtained as co-product in the juice extraction. *Food Research International*, 44(5), 1217-1223.

W

- Wald, E. (2009). *Le grenadier (punica granatum): Plante historique et évolutions thérapeutiques récentes*. UHP-Université Henri Poincaré.

Annexe I : Courbe d'étalonnage acide gallique.**Annexe II :** Courbe de quercitine.

Annexe III : courbe de β carotène.**Annexe IV** : Pourcentage d'inhibition de radical DPPH

Annexe V : Matériels



Figure 1 : broyage et tamisage de l'écorce de grenade.



Figure 2 : Extraction et filtration des composés phénoliques.



Figure 3 : photographie des échantillons présentés.

Annexe VI : Questionnaire d'analyse sensorielle de yaourt étuvé à base d'écorce de grenade pour les sujets naïfs.

Date : / /

Nom :

Prénom :

Age :

1. Préférence globale :

Dans l'optique de réaliser une évaluation sensorielle de Yaourt étuvé, trois échantillons sont codés **A, B, et C** vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et d'attribuer une note de 1 à 9 pour chaque échantillon. Sachant que la note 1 correspond au moins préféré et 9 au plus préféré selon l'échelle présentée ci-dessous :
N.B : Veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

2. Entourez les caractéristiques qui ont motivé votre préférence ?

- 1 : La couleur
- 2 : L'odeur
- 3 : La texture
- 4 : Le gout
- 5 : La consistance

Autres.....

Annexe VII : Questionnaire d'analyse sensorielle du yaourt étuvé à base d'écorce de grenade pour les experts.

Date :...../...../.....

Nom :.....

Prénom :

Age :....

Trois échantillons de yaourt étuvé codés **A, B, et C** vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et d'attribuer une note de 1 à 5 pour chaque échantillon sur l'échelle suivante :

1. Couleur :

- 1 : Blanche
- 2 : Blanc beige
- 3 : Beige
- 4 : Beige foncé
- 5 : Jaune

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

2. Odeur :

- 1 : Très faible
- 2 : Faible
- 3 : Moyenne
- 4 : Forte
- 5 : Très forte

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

3. Gout piquant :

- 1 : Absent
- 2 : Faible
- 3 : Moyen
- 4 : Intense
- 5 : Très intense

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

4. Consistance :

- 1 : Pas ferme
- 2 : Faiblement ferme
- 3 : Moyennement ferme
- 4 : Ferme
- 5 : Très ferme

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

5. Sensation en bouche :**A. Saveur****✓ Saveur sucrée :**

- 1 : Absent
- 2 : Faible
- 3 : Moyen
- 4 : Fort
- 5 : Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

✓ **Saveur acide :**

- 1 : Absent
- 2 : Faible
- 3 : Moyen
- 4 : fort
- 5 : Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

✓ **Arome identifié**

- 1. Absent
- 2. Vanille
- 3. Grenade
- 4. Citron
- 5. Non identifié

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

B. Intensité de l'arôme :

- 1 : Absent
- 2 : Faible
- 3 : Moyen
- 4 : Fort
- 5 : Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

C. Texture

- 1 : Très granuleuse
- 2 : Granuleuse
- 3 : Moyenne
- 4 : Lisse
- 5 : Très lisse

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

4. préférence globale :

Classez selon l'ordre de préférence les échantillons (A, B et D) en leur attribuant une note de 1 à 9 sachant que 1 correspond au moins préféré et 9 au plus préféré comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

6. Entourez les caractéristiques qui ont motivé votre préférence ?

- 1 : La couleur
- 2 : L'odeur
- 3 : La texture
- 4 : Le gout
- 5 : La consistance

Autres.....

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier l'effet de l'écorce de grenade sur la qualité d'un yaourt étuvé et cela en évaluant sa teneur en composés phénoliques totaux, ainsi que son activité antioxydante.

L'extraction des polyphénols est réalisée par macération dans de l'éthanol 50 :50 et 70 :30. Les extraits sont utilisés pour l'étude phytochimique.

Les yaourts élaborés sont enrichis avec de la poudre d'écorce de grenade puis sont analysés pour déterminer leurs propriétés physico-chimiques, microbiologiques, sensorielles, leurs teneurs en composés phénoliques et leurs activité antiradicalaire.

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont montré que les produits fabriqués sont conformes aux normes de Journal Officiel Algérien. Le pH varie entre (4.30 et 4.60) ainsi que les teneurs de l'acidité qui sont comprises entre (79.5 et 90 °D). et le yaourt enrichi présente des concentrations plus élevées en polyphénols totaux ($17 \pm 0,002$ mg EAG/g) et une meilleure activité antiradicalaire ($23,89 \pm 18,02\%$) comparé au yaourt témoin. Selon l'évaluation sensorielle effectuée avec des panélistes expert et naïf le yaourt enrichi est très bien apprécié. Les produits B et C ont été préférés avec un pourcentage qui varie entre 80-100% et 60-80% respectivement.

Mots clés : écorce de grenade, yaourt étuvé, l'activité antioxydante, analyses sensorielles, les polyphénols.

Abstract

The aim of this work is to study the effect of pomegranate peel on the quality of enriched yoghurt by evaluating its content of total phenolic compounds, as well as its antioxidant activity.

The extraction of polyphenols is carried out by maceration in ethanol 50:50 and 70:30. The extracts are used for the phytochemical study.

The elaborated yogurts are enriched with pomegranate peel powder and are analyzed to determine their physico-chemical, microbiological, sensory properties, their phenolic compound content and their antiradical activity.

The results of physicochemical and microbiological analyzes have shown that the elaborated products comply with the standards of the Algerian Official Journal. The pH varies between (4.30 and 4.60) as well as the acidity which ranged between 79.5 and 90 ° D.

Enriched yoghurt has higher concentrations of total polyphenols (17 ± 0.002 mg EAG / g) and better anti-free radical activity ($23.89 \pm 18.02\%$) compared to the control.

According to the sensory evaluation, carried out with expert and naive panelists, enriched yoghurt is very well appreciated. Products B and C were preferred with percentages that varies between 80-100% and 60 and 80% respectively.

Key words: Pomegranate peel, steamed yoghurt, polyphenols, antioxidant activity, sensory analyzes.