

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



*Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques*



Mémoire de Fin de Cycle

En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Science Alimentaire

Option: Agro-alimentaire et Contrôle de

Qualité

Thème

*Etude de la qualité physico-chimique, microbiologique, sensorielle et
les propriétés antioxydantes de la confiture de grenade*

Présenté par :

M^{elle} AMIAR Silya

M^{elle} LECHANI Soraya

Devant le jury:

Président: M^f BENGANA M. (MCB)

Examinatrice: M^{me} REMANE Y. (MAA)

Promotrice: M^{me} ARKOUB L. (MCB)

Année universitaire: 2018/2019

Remerciements

Avant toute chose, Nous commençons par remercier le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience afin de réaliser ce modeste travail.

Nos vifs remerciements s'adressent tout d'abord à notre promotrice M^{me} Arkoub-Djermoune L. pour la confiance qu'elle nous a accordé en acceptant de diriger ce travail, pour son écoute et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer.

Nous remercions également les membres du jury:

Mr BENGANA M. d'avoir accepté de présider le jury, d'évaluer ce travail et de nous faire l'honneur de présider ce jury. Veuillez trouver ici le témoignage de nos profonds respects.

M^{me}REMANE Y. d'avoir accepté de juger ce travail et de participer au jury de ce mémoire.

Nos vifs remerciements s'adressent au enseignants de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, pour la qualité de leur enseignement et pour leurs efforts afin d'assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nous remercions particulièrement l'ensemble du personnel du laboratoire commun II du département de Biologie pour leur aide.

Nous remercions l'ensemble du personnel du département Technologie Alimentaire de l'université M'hamed Bougara de Boumerdès en particulier M^{me} Doudah-lechani Taous et M^{me} Haderbale Latifa.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire à leur tête Mr Karim MOUHEB pour son aide logistique.

Nous remercions le personnel de l'EPSP de Labaa Nath Irathen, en particulier le personnel du laboratoire bactériologie pour leur accueil et leur aide.

Nos grands remerciements s'adressent à nos familles pour leurs soutiens tout au long de notre cursus et pendant la réalisation de ce travail, sans leurs apports financiers ce travail n'aurait pas vu le jour.

Nos remerciements vont enfin à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, en souhaitant que ce mémoire puisse être un support assez utile pour ceux qui auront à l'utiliser.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à ma chère mère Nabila qui était toujours présente à mes cotés, à m'écouter, me soutenir, à veillez sur moi et surtout à m'encourager, je ne saurais point te remercier comme il se doit, tu es ma source de force.

A mon cher père Smail et mon oncle Mouhand Akli a qui y'a guère de différence qui sont là à satisfaire mes besoins, à m'encouragé et mon oncle avec ses conseils les plus précieux, que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

A mes chère frères et sœurs: Lounis; Djaffar, Ikhlas , Taous, Zina , Ferhat sa femme Fariza et leurs deux enfants ainsi Tariq et sa femme.

A mes tantes : Faroudja, Nabila, Kahina et Samia

A mes amis: Omar, Nina, Narimane.

A mes oncles : Ibrahim, Remdane et leurs enfants.

A ma deuxième famille: le club Gym Sport Club à leurs tête Jugurtha et Lila qui ont contribué a mon éducation et mon instruction.

Au club C.S.N.I.

A mon binôme Silya .

Soraya

Dédicaces

Je dédie le fruit de mes efforts investis dans cet humble et modeste travail

En premier lieu à Yemma a3zizen Zahra et Vava Mouhand ouidir qui m'ont mis au monde, les lanternes qui illuminent mon chemin, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, encouragé durant toutes ces années d'études est consenti tant d'efforts et de sacrifices pour que je m'accomplisse et je puisse arriver à ce stade. Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous, je vous dois ce que je suis et je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir et que cet humble geste soit, un tant soit peu, une preuve de mon profond respect, de gratitude et de reconnaissance de tout ce dont je vous suis redevable

À la mémoire de

Mon cher frère qui nous a quitté trop tôt, le défunt Moumouh, j'aurais tant aimé qu'il soit présent, lui qui a guidé mes premiers pas et accompagner mes premières années sur les bancs d'école, en souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et les plus agréables moments et pour toute la complicité et l'entente qui nous unissait. Ce modeste travail est un témoin de mon amour et de mon attachement.

Ma chère sœur, feuë Lila, qui nous a quitté il y'a un an mais qui n'a jamais quitté mon esprit, pour l'exemple, de foi de courage, de patience, de la vie tout simplement, qu'elle a été pour moi. Elle a su m'inculquer le sens de la responsabilité de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie, ses conseils ont toujours guidés mes pas, son soutien a fait de moi une femme. En ce jour mémorable pour moi ainsi que pour toi et que tu as tant attendu avec patience reçois ce modeste travail en signe de ma vive reconnaissance et ma sincère estime. Qu'Allah le tout puissant, vous accorde son infinie miséricorde et vous accueille dans son éternel Paradis.

A mon Alter ego, ma jumelle, Zouzou, qui a partagé chaque seconde de ma vie souffler avec moi le chaud et le froid, soutenu dans tous les moments difficiles, et qui m'inspire courage par son combat et sa philosophie de la vie, son encouragement et son soutien étaient la bouffée d'oxygène qui me ressourçait dans les moments pénibles, de solitudes et de souffrances. Elle, qui malgré sa maladie a participé activement à mes recherches et contribué efficacement à ce travail. Merci d'être toujours à mes côtés par ta tendresse par ton amour dévoué, pour donner du sens à ma vie. Qu'Allah le tout puissant te guérisse et te protège de tout mal.

À mes frères et sœurs, Karim, Hilal, Karima, ma belle sœur Ouerdia et ma sœur de cœur Hassina, qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours, qui n'ont cessé d'être pour moi un exemple de persévérance, de courage et de générosité, et qui m'ont montré la fraternité au sens propre du terme, aucune dédicace ne saurait être éloquente pour exprimer mes sentiments d'amour et de respect que j'ai pour vous. Puisse ce travail témoigner mon attachement et ma profonde reconnaissance. Qu'Allah vous bénisse et que l'amour et la fraternité nous unissent à jamais.

À mon neveu Moumouh et ma nièce Aylis mes petits anges qui comble mes jours d'amour et de tendresse, à qui je souhaite un avenir prometteur et éclatant.

À mes amis Araw khalti (Karim, Salah, Nadjim, Hakim et Raban), Hanane, et Farid avec qui j'ai passé mes plus beaux moments à l'université, que notre amitié loyale et sincère dure à jamais

À mon binôme Soraya

Silya

Liste des abréviations

A_w: Activité de l'eau

ACE: Angiotension Converting Enzyme

BNE: Brunissement Non Enzymatique.

DCPIP: Dichlorophénol indophénol

DGCERF: Direction Générale de Contrôle Economique et Répression des Fraudes

DO: Densité Optique

Ech: Echantillon

Eq: Equivalent

EPT: Eau Péptonée Tamponée

ISO: International Organization for Standardization

Kcal: Kilocalorie

nm: Nanomètre

μL: Microlitre

μg: Microgramme

VF: Viande Foie

η: Symbole de la viscosité

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Photographie de l'arbre du grenadier	5
2	Photographie du fruit du grenadier	5
3	Photographie des graines de grenade	6
4	Feuilles lancéolées de <i>Punica granatum</i>	6
5	Schéma descriptif d'une grenade	9
6	Structure des principaux polyphénols de la grenade	12
7	Structures chimiques d'un tannin condensé (A) et d'un tannin hydrolysable (B)	13
8	Structure des principaux flavonoïdes de la grenade	14
9	Structure des anthocyanosides	14
10	Structure chimique de la pectine	24
11	Structure de l'acide galacturonique (a) et de l'acide galacturonique méthylé (b)	24
12	Photographie du fruit de grenade	26
13	Confiture de grenade élaborée par la formulation 1	27
14	Confiture de grenade élaborée par la formulation 2	27
15	Photographie des différentes étapes de préparation de la confiture	28
16	Diagramme de fabrication de confiture de la grenade	29
17	Teneurs en vitamine C de la confiture de grenade	53
18	Teneurs en polyphénols et flavonoïdes de la confiture de grenade	54
19	Teneurs en flavonols et anthocyanines de la confiture de grenade	56
20	Teneurs en caroténoïdes et lycopène de la confiture de grenade	58
21	Activité antioxydante de la confiture de grenade	60
22	Attributs de la qualité sensorielle des confitures de grenade	62
23	Les pourcentages du caractère prédominant pour l'aspect de la confiture	62
24	Les pourcentages du caractère prédominant pour la couleur de la confiture	63
25	Les pourcentages du caractère prédominant pour la texture de la confiture	63
26	Les pourcentages du caractère prédominant pour l'odeur de la confiture	64
27	Les pourcentages du caractère prédominant pour le taux de sucre de la confiture	64
28	Les pourcentages du caractère prédominant pour le goût de la confiture	65
29	Pourcentage d'appréciation de la confiture de grenade	66

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Classification de la grenade	4
II	Quelques variétés du grenadier commun	7-8
III	La composition chimique du fruit de grenadier	10
IV	Composition phénolique du pur jus de grenade	11
V	Production de la grenade en Algérie	15
VI	Composition moyenne d'une confiture	21
VII	Analyse microbiologique	43
VIII	Caractéristiques physiques de la grenade	44
IX	Résultats des paramètres physico-chimiques	44
X	Les IC_{50} et $CR_{0,5}$ des extraits de confiture de grenade	59
XI	Résultats des analyses microbiologiques	66

Liste des abréviations**Liste des annexes****Liste des figures****Liste des tableaux**

Introduction	1
---------------------------	---

*Synthèse bibliographique**I. Grenade –Confiture*

I.1.Grenade	3
I.1.1. Origine et historique.....	3
I.1.2. Taxonomie et classification	4
I.1.3. Description botanique de grenadier	4
I.1.4. Les variétés	6
I.1.5. Structure de la grenade.....	9
I.1.6. La composition chimique de la grenade	9
I.1.7. Les antioxydants de la grenade	10
I.1.8. Production de la grenade.....	15
I.1.9. Propriétés thérapeutiques de la grenade.....	15
I.2. La confiture	19
I.2.1. Historique	19
I.2.2. Définition	20
I.2.3. Valeurs nutritionnelles	20
I.2.4. Composition chimique.....	20
I.2.5. Différents types de confitures	22

I.2.6. Les Constituants.....	23
I.2.7. Confiture et pectine	23
I.2.8. Gélification des pectines.....	24
<i>Partie expérimentale</i>	
<i>II. Matériel et méthodes</i>	
II.1. Matériel végétal	26
II.2. Caractéristiques morphologiques de la grenade.....	26
II.3. Elaboration de la confiture de grenade	27
II.4. Détermination des propriétés physico-chimiques.....	31
II.4.1. Le pH	31
II.4.2. L'acidité titrable	31
II.4.3. La teneur en eau (humidité)	32
II.4.4. La viscosité	32
II.4.5. La conductivité	32
II.4.6. La teneur en cendre.....	33
II. 4.7. Le degré Brix	33
II.4.8. La teneur en sucres.....	33
II. 4.9. Le degré de brunissement non enzymatique.....	35
II.4.10. L'indice de couleur	35
II.4.11. Mise en évidence de la présence de pectines	35
II.5. Extraction et dosage des antioxydants	36
II.5.1. Extraction des composés phénoliques	36
II.5.1.1. Extraction	36

II.5.1.2. Dosages des polyphénols totaux.....	36
II.5.1.3. Dosage des flavonoïdes.....	36
II.5.2.Extraction et dosage de la vitamine C	36
II.5.3.Extraction et dosage des anthocyanines et flavonols.....	37
II.5.4. Extraction et dosage des caroténoïdes	38
II.5.4.1. Extraction.....	38
II.5.4.2. Dosage des caroténoïdes totaux.....	38
II.5.4.3. Dosage du lycopène.....	38
II.6. Evaluation du pouvoir antioxydant.....	38
II.6.1. Détermination du pouvoir réducteur.....	38
II.6.2. Détermination de l'activité antioxydante totale	39
II.6.3. Inhibition du radical ABTS ^{•+}	39
II.7. Analyses sensorielles de la confiture	39
II.7.1. Objectif d'une analyse sensorielle	40
II.7.2. Les propriétés sensorielles étudiées.....	40
II.7.3. Présentation des échantillons et déroulement de l'épreuve	41
II.7.4. Réalisation d'un panel de dégustation de confiture de la grenade	42
II.7.5. Recueil des résultats	42
II.8. Analyse microbiologique de la confiture.....	42
II. 9. Analyse statistique.....	43

III. Résultats et discussion

III.1. Caractéristiques physiques du fruit	44
III.2. Paramètres physico-chimiques	44
III.2.1. Le pH	45
III.2.2. La teneur en eau	46
III.2.3. La matière sèche	46
III.2.4. L'acidité titrable	47
III.2.5. Le taux de cendres.....	47
III.2.6. La matière organique.....	48
III.2.7. La teneur en sucres totaux et réducteurs.....	48
III.2.8. Le degré Brix	49
III.2.9. Le degré de brunissement non enzymatique (BNE).....	50
III.2.10. L'indice de couleur	50
III.2.11. La conductivité	51
III.2.12. La viscosité	51
III.2.13. La pectine	52
III.3. Les antioxydants	52
III.3.1. La vitamine C.....	52
III.3.2. Les composés phénoliques	54
III.3.3. Les flavonoïdes	55
III.3.4. Les flavonols.....	56
III.3.5. Les anthocyanines	57
III.3.6. Les caroténoïdes.....	57

III.3.7. Le lycopène	58
III.4. L'activité antioxydant.....	59
III.4.1. L'inhibition du radical ABTS°	59
III.4.2. L'activité antioxydante totale.....	60
III.4.3. Le pouvoir réducteur.....	61
III.5. L'évaluation sensorielle	61
III.6. L'analyse microbiologique.....	66
Conclusion	67

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Le grenadier est une espèce fruitière pérenne tolérante à la sécheresse et capable de valoriser les sols pauvres et salins. Il jouit de grandes capacités d'adaptation aux conditions de milieu caractérisé par une aridité climatique marquée (Melgarejo and Salazar, 2003). Sur le plan environnemental, il joue un rôle très important dans la protection, la restauration et la fixation des sols. Ses plantations ont connu une grande extension dans de différentes régions du monde et ont conduit à une augmentation de la production. Cette dernière a stimulé le développement des industries de transformation de jus de grenades et la prolifération des compagnies pharmaceutiques qui opèrent dans l'extraction des composés bénéfiques des fruits (Seeram et al., 2006).

L'importance économique du grenadier réside également dans ses fruits qui ont une grande valeur nutritive comparable à celles des fruits juteux comme les abricots, les oranges, les pommes et d'autres. Ce fruit est considéré d'après Jadis comme le fruit des dieux, est une source importante de minéraux, de vitamines et de polyphénols composés essentiellement de tannins, d'anthocyanes et de flavonoïdes (Diwakar *et al.*, 2012; Thitipramote *et al.*, 2019).

De nombreuses études sont menées, dont certaines ont donné des résultats plus qu'intéressants, pour démontrer que les polyphénols de grenade posséderaient des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antiprolifératives et antibactériennes très importantes. De part sa teneur en antioxydants, ce fruit est recommandé dans l'alimentation pour prévenir certaines maladies tels que: Le cancer et les maladies cardiovasculaires (Debiche et Stoutah, 2018).

La production mondiale annuelle de grenades est estimée à environ trois millions de tonnes. Les pays les plus producteurs de ces fruits sont l'Inde, l'Iran et la Chine avec une production respectivement de 900 000, 800 000 et 250 000 Tonnes (Melgarejo and Valero, 2012). En Algérie la production est évaluée à 421 136 Qx. La wilaya de Mostaganem a enregistré une grande production avec une quantité de 186 261 Qx, suivie par Djelfa 110 760 Qx (DSA 2018) .

Dans le but de résorber l'excédent mondial de production de grenades et d'inciter à la consommation de ces fruits, les industries agroalimentaires ont procédé à la transformation de ces fruits avec comme objectif prioritaire de conserver le plus longtemps possible les caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles du produit frais, Les confitures, entre autres conserves de fruits, sont une alternative viable à l'exploitation économique des fruits. Ces dérivés de fruits peuvent présenter un avantage en raison de l'augmentation de la

consommation des fruits durant toute l'année, permettant d'une meilleure façon d'augmenter l'apport en antioxydants (Liu *et al.*, 2000). Les confitures les plus connues sont celles d'abricot, de pomme, de fraise et de poire mais à nos connaissances aucune étude n'a été faite sur la confiture de grenade.

L'objectif principal du présent travail est d'élaborer une recette appropriée pour la transformation de la grenade en confiture, en valorisant ce fruit qui est en production saisonnière très limitée, ce qui va lui apporter une valeur ajoutée. Ainsi, la présente étude a pour objectifs :

- ✓ Transformation du fruit de la grenade en d'autres produits tels que les conserves sous forme de confiture dans le but est d'exploiter nos ressources agricoles;
- ✓ La détermination des qualités physico-chimiques, organoleptiques, microbiologiques du produit élaboré;
- ✓ La détermination du contenu en certaines molécules bioactives;
- ✓ La détermination du pouvoir antioxydant de la confiture.

Synthèse bibliographique



I. Grenade-Confiture

I.1. Grenade

I.1.1. Origine et historique

La grenade est l'un des plus anciens fruits comestibles, qui n'a pas trop évolué, depuis la découverte de l'agriculture il y a plus de 1000 ans (Seem *et al.*, 2006; Çam *et al.*, 2009). Originaires du Moyen-Orient, ils se sont propagés à travers la mer Méditerranéenne, vers l'extrême orient en Chine et en Inde et dans le Nouveau Monde en Californie et Mexique (Lansky et Newman, 2007).

L'histoire de la grenade est liée au développement de l'humanité d'une manière impressionnante. La grenade a une place importante dans le Judaïsme, le Christianisme, l'Islam, le Bouddhisme et le Zoroastrisme (Lansky et Newman, 2007). Il est dit qu'elle avait 613 graines qui représentent les 613 commandements de la Torah, même si cela n'a pas été confirmé dans les temps modernes (Hebert, 2006). Aimé des caravaniers et navigateurs, sa pulpe gorgée d'eau et légèrement acidulée permet d'étancher la soif durant les longues traversées (Vanier, 2005). Elle est le symbole de la vie, fertilité, longévité, immortalité et divinité (Amjad, 2005; Lansky et Newman, 2007). La grenade était connue chez les Romains sous l'appellation *Malum punicum* par allusion à l'ancienne Phénicie et qui signifie pomme de Carthage, d'où est tiré l'actuel nom latin «*Punica granatum*» (Goor, 1967; Hubbard et Clay, 1977). Le nom «grenade» suit le nom latin du fruit *Malum granatum*, qui signifie «pomme granuleuse» (Larrosa *et al.*, 2010). Le terme grenade a fait son apparition dans la langue française en 1314 (Hubbard et Clay, 1977). Elle porte l'appellation rimon, ruman, romana et roma, en hébreu, arabe, espagnol et portugais, respectivement (Goor, 1967). Selon les langues parlées dans chaque pays, le nom vernaculaire de *Punica granatum* varie; le nom de cet arbre sera **en Tamazighit**: erremman, taghist, sreret, **en Arabe** : الرمان, **en Anglais**: Pomegranate ou Pome Granate, **en Allemand**: Granatapfelbaum, Granatbaum, Gemeine Granat, Balluster, **en Espagnol**: Granada cultivado, Mangrano, **En Italien**: Granato et **En Chinois**: Ngan Che Lieou, Shi Liu (Verbois, 2009).

I.1.2. Taxonomie et classification

Punica granatum partage sa famille botanique, *Punicaceae*, avec *Punica protopunica*, une espèce endémique de l'île yéménite de Socotra. Cependant les récentes études moléculaires recommandent la classification de ce genre dans la famille des *Lythraceae* (Tableau I) (Boussalah *et al.*, 2012).

Tableau I: Classification de la grenade (Boussalah *et al.*, 2012).

Règne	<i>Plantea</i> –Plantes
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i> – Plantes vasculaires
Super division	<i>Spermatophyta</i> – Plantes a graines
Division	<i>Magnoliophyta</i> – Plantes a fleurs
Classe	<i>Magniliopsida</i> – Dicotylédones
Sous-classe	<i>Rosidiae</i>
Ordre	<i>Myrtales</i>
Famille	<i>Lythraceae</i>
Genre	<i>Punica L.</i>
Espèce	<i>Punica granatum L.</i>

I.1.3. Description botanique de grenadier

Punica granatum est un petit arbre ou un arbuste pouvant atteindre 8 m de haut (Figure 1), caducifolié à branches nombreuses et minces, ascendantes, parfois érigées aux rameaux souvent épineux. Les feuilles ont un pétiole très court et sont entières, opposées, oblongues- elliptiques à obovées lisses et brillantes (Godet, 1991).



Figure 1: Photographie de l'arbre du grenadier (Godet, 1991).

➤ **La baie:** le fruit du grenadier nommé grenade (*Punica granatum*), est une baie ronde à écorce dur, sa taille est d'une pomme ou d'une orange, son diamètre varie entre de 2 à 12 cm (Cazin, 1868), divisée en neuf loges dont les cloisons membraneuses partent du réceptacle et renferment des semences entourées d'une pulpe succulente, ordinairement rougeâtre (Rozier, 1787) (Figure 2). Selon la variété sa couleur diffère, blanc jaunâtre, jaune foncé, violet foncé ou rarement noire. A maturité le fruit est facilement identifiable par le reste du calice qui lui surmonte, formant une couronne dentée (Bruneton, 1999). La grenade présente une placentation hétérogène. Après fécondation de la fleur, l'accroissement du tube du calice porte les carpelles externes au-dessus des autres, et le fruit se trouve composé de deux rangées de loges superposées, de telle sorte que dans la rangée inférieure la placentation est axile, tandis qu'elle est pariétale dans la rangée supérieure (Garnier et Benzger-Beauquesne, 1961).



Figure 2: Photographie du fruit du grenadier (Boussalah *et al.*, 2012).

➤ **Les graines:** c'est la partie comestible du fruit (Figure 3). La baie renferme de nombreuses graines contenues dans des loges, séparées par des cloisons ténues et membraneuses. Toutes ces graines possèdent un mésocarpe charnu et gélatineux, acidulé et sucré (Bärtels, 1998), un tégument externe pulpeux et très succulent et un tégument interne dur et coriace, courtement funicules, deviennent plus ou moins anguleuses par compression réciproque (Courche, 1897).



Figure 3: Photographie des graines de grenade (Bärtels, 1998).

➤ **Les feuilles:** elles sont opposées et peuvent avoir une disposition alterne sur les rejets ou être en touffes sur les pousses courtes (Godet, 1991). Elles contiennent des flavones, telles que la lutéoline et l'apigénine. Cette dernière posséderait des propriétés anxiolytiques (Lanskye, 2007). Elles renferment également des tannins, comme la punicaline et la punicalagine (Lanskye, 2007).



Figure 4: Feuilles lancéolées de *Punica granatum* (Wald, 2009).

I.1.4. Les variétés

Il existe plus de 1000 variétés de *Punica granatum* (Lansky Newman, 2007). Les critères les plus utilisés pour les distinguer sont la taille du fruit, la couleur de l'écorce, la couleur des grains, la dureté des pépins, la teneur en jus, acidité et astringence et la période de maturation (Stover et Mercure, 2007).

Synthèse bibliographique

Tableau II: Quelques variétés du grenadier commun (Afaq *et al.*, 2005).

Zone géographique	Variétés	Maturité de fruits	Taille des fruits	Caractéristiques de fruits	Grains	Qualités Gustatives
Espagne	<i>Blanca</i>	Sep / Oct	Moyen	Peau lisse	Roses	Pulpe juteuse et sucré
	<i>Dulce Colorada</i>	Oct	Gros	Peau lisse, fine et teintée de rouge	Gros, rouges	Très bonne
	<i>Cagin</i>	Oct	Gros	Colorés	Petits , rouges et très acides	Excellente pour la grenadine
	<i>Pignonenca</i>		Gros	Colorés	Grains rouges	Bonne conservation
Maroc	<i>Meknes</i>				Sans grains	
Tunisie	<i>Zéri</i>	Août / Sept	Assez gros	Peau ferme, rouge	Très petits, rouges	Bonne, très juteuse
	<i>Gabsi</i>	Sept	Gros	Peau jaunâtre, claire		Bonne
	<i>Chelfi</i>	Sept / Oct	Assez gros	Teintés de rouge		Très rustique
	<i>Tounsi ou tounsi</i>		Assez gros	Colorés, teintés de rouge	Rouge foncé pulpe très colorée	
	<i>Maiki</i>	Oct	Assez gros	Peau ferme, jaune	Gros	Rustique, médiocre
	<i>Djelbi</i>	Nov / Déc	Très gros	Rouge foncé		Acide variété plutôt d'apparat
Malte	<i>Guiseppe</i>	Oct	Gros à très gros	Peau colorée, rouge à brun	Gros	juteuse, sucrée, excellente
Grèce	<i>Douce de patras</i>	Août / Sept	Très gros	Peau colorée, rouge à brun	Petits, rouge, très acide	Excellente pour la grenadine
	<i>Acide de patras</i>	Oct	Très gros	Peau colorée fine mais dure	Très rouge, acides	Très bonne pour la grenadine
	<i>Denagra ou Tanagra</i>	Oct	Gros	Colorés, peau épaisse	Ruges	Très bonne
	<i>Chio</i>	Oct	Gros	Colorés, peau épaisse	Rouges	Très bonne
France	<i>DeJaffa</i>			peau colorée, rouge		
	<i>De Provence</i>	Oct	Gros		Gros et durs	Bonne
	<i>A fruit aigre</i>	Oct			Acides	Médiocre

Synthèse bibliographique

Afghanistan	<i>Grosse Blanche de kandagar</i>	Fin Sept	Très gros	Blancs à jaune clair	Gros et pâles	Très bonne
	<i>Grosse Rouge de Kandagar</i>	Fin sept	Très gros	Rouge écarlate	Rouges	Excellente
	<i>Gross Noire de Kandagar</i>	Nov	Très gros	Rouge foncé Violacé	Gros et rouge	Très bonne
	<i>kaboul</i>					
	<i>paklia</i>					
Turquie	<i>Ak Anar</i>	Sept	Moyen	Peau épaisse, jaune blanc	Assez gros et pâles	Très rustique
	<i>Tchercherdeksis</i>	Oct	Assez gros	Peau épaisse rouge foncé	Petits et très tendres	Très bonne
	<i>kyzyl -Anar</i>	Oct	Assez gros	Peau épaisse rouge foncé	Petits et très rouges	
Irak	<i>Akmar Selimi</i>			Rouge		
	<i>Aswad selimi</i>			Peau très foncé		
	<i>Halwa selmi</i>					Excellente
Arabie	<i>Mellassi</i>	Sept	Très gros		Gros pâles et tendres	
	<i>Selmi</i>	Oct	Très gros, lourds	Peau fine, ferme et rouge écarlate	Très petits et tendres	Excellente
	<i>Roman Chouall</i>	Nov	Gros	Peau ferme, et fine très colorée	Rouge	
	<i>Nejidi</i>	Nov	Gros	Peau ferme et fine, très colorée	Rouges	
	<i>Cherabani</i>	Nov	Assez gros		Petits	
	<i>senna Djemel</i>	Déc	Gros	Peau épaisse colorée	Rouges	
USA	<i>Wonderfull</i>	Août / Sept	Très gros aplatis	Rouge rosâtre	Rouges	
	<i>paper shell</i>	Sept / Oct	Gros	Marbrés de pourpre	Petits	
	<i>spanish -Ruby</i>	Oct	Gros	Rouges	Rouges	

I.1.5. Structure de la grenade

La grenade est un fruit dont seulement une partie est consommable. En effet, seules les graines enrobées de pulpe, appelées arilles, sont consommées. La partie comestible représente 52% du poids du fruit et chaque arille est composé de 78% de pulpe et 22% de graines (Yildiz *et al.*, 2006).



Figure 5: Schéma descriptif d'une grenade (Cazin, 1868).

I.1.6. La composition chimique de la grenade

La grenade est un fruit de valeur nutritionnelle élevée, elle est très juteuse et très sucrée et aussi une source non négligeable de vitamine C, et vitamine B₆. Elle renferme également de nombreux oligo-éléments et minéraux tels que le potassium, phosphore, calcium, magnésium, fer, zinc et cuivre, le tableau III. Illustre la composition chimique de la grenade pour 100 g de portion comestible.

Tableau III: La composition chimique du fruit de grenadier (Favier *et al.*, 1993).

Constituants	Unité	Minimum	Moyenne	Maximum
Proportion comestible	%	35	56	65
Energie	Kcal/100g	/	60	/
Eau	g/100g	72,6	80,2	84
Protéines	g/100g	0,3	1	1,6
Lipides totaux	g/100g	Traces	0,3	0,9
glucides disponibles	g/100g	/	13,7	/
Fructose	g/100g	/	6,3	/
Glucose	g/100g	/	7	/
Saccharose	g/100g	/	0,4	/
Amidon	g/100g	/	0	/
Fibres alimentaires	g/100g	3,1	3,5	6,4
Sodium	mg/100g	2	4	7
Potassium	mg/100g	200	247	380
Calcium	mg/100g	3	13	28
Magnésium	mg/100g	3	6	11
Fer	mg/100g	0,2	0,97	2,1
Cuivre	mg/100g	0,07	0,12	0,17
Zinc	mg/100g	/	0,4	/
Phosphore	mg/100g	8	25	37
β-carotène	ug/100g	31	40	65
Vitamin C	mg/100g	4	20	29
Thiamine	mg/100g	0,01	0,05	0,09
Riboflavine	mg/100g	0,01	0,03	0,06
Niacine	mg/100g	0,1	0,3	0,5
Acide pantothénique	mg/100g	0,6	0,6	0,6
Vitamine B6	mg/100g	0,1	0,2	0,3
Acide malique	mg/100g	100	170	500
Acide citrique	mg/100g	500	800	1700

I.1.7. Les antioxydants de la grenade

Parmi les substances secondaires de la grenade, on trouve un taux très élevé de polyphénols glucoconjugués tels que: les acides carbo-phénoliques (acide ellagique, acide gallique, acide caféïque, acide chlorogénique), les ellagitanines (comme la punicalagine) et des flavonoïdes (comme la catéchine, la quercétine, le camphe, la lutéoline et les anthocyanes).

Dans le fruit comme dans le jus (Tableau IV), les polyphénols présents sont liés essentiellement à des molécules de sucre pour être résorbés correctement par notre intestin et pouvoir déployer leurs effets sur la santé, ces liaisons glycosidiques doivent être scindées et les molécules complexes liées aux sucres décomposées, dégradées en plus petites molécules. Les ellagitannins quantitativement très importantes dans la grenade (molécules complexes d'acide ellagique) doivent d'abord être déstructurées par des enzymes (Reguiegue, 2019).

Tableau IV: Composition phénolique du pur jus de grenade (Reguiegue, 2019).

Acide phénolique (mg/100g MF)		
Acide hydroxybenzoïques	Acide hydroxycinnamiques	
Acide ellagique: 2,06	Acide 5- caféylquinique: 0,12	
Glucoside d'acide ellagique: 3,97	Acide caféique: 0,07	
Acide gallique:0,45	Acide o-coumarique: 0,01	
Galloyl glucose: 4,81		
Punicalagine:43,60		
Flavonoïdes (mg/100g MF)		
Flavonols	Anthocyanidols	Dihydrochalcones
(+)- catéchol:0,37	(instable)	(sous forme hétéroside)
(-)- épicatechol	Delphinidol	phloridzine:0,10
(-)-épigallocatechol	cyanidol	
(+)- gallocatechine	Pélargonidol	
Proanthocyanidol	Anthocyanosides	Flavonol
s oligomères	(piment rouge)	quercétol:0,25
(mg/100g d'arille)	delphinidol 3-glucoside:1,36	
(astringence	delphinidol 3,5-diglucoside:1,56	
procyanidol B1: 0,13	cyanidol3- glucosides:3,43	
procyanidol B3: 0,16	cyanidol 3,5-diglucoside:3,39	
	Pélargonidol 3-glucoside:0,33	
	Pélargonidol 3,5 -glucoside:0,06	

I.1.7.1. Les polyphénols

Les polyphénols constituent un des groupes les plus communs et largement répandus dans les plantes. Ils sont considérés comme des métabolites secondaires et ils n'ont pas de fonction métabolique spécifique dans les cellules végétales. Plus de mille polyphénols sont connus, ce sont des composés contenant un cycle aromatique avec un ou plusieurs groupes hydroxyles, ils peuvent être divisés en 15 grandes classes selon leurs structures chimiques. Certaines de ces classes sont des composés avec C₆ aromatique,

d'autres avec la structure C₆-C₁, et d'autres avec des squelettes plus complexes (Bennick, 2002). Ce sont des constituants importants à propriétés organoleptiques des graines et des jus de grenade car ils donnent la couleur rouge attrayante et fournissent l'astringence douce qui est caractéristique de la saveur de la grenade (Gil *et al.*, 2000). Les fruits de la grenade sont une source de divers composés biologiquement actifs, tels que les composés phénoliques comme punicalagin, acide ellagique, gallotannins (Figure 6), anthocyanines, les flavonoïdes, les tannins condensés et les tannins hydrolysables qui sont connus pour agir en tant qu'antioxydants (Gil *et al.*, 2000; Van Elswijk *et al.*, 2004; Seeram *et al.*, 2006; Kkapan *et al.*, 2001; Noda *et al.*, 2002; Cerda *et al.*, 2003).

I.1.7.2. Les tannins

Les tannins sont des polyphénols que l'on trouve dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbres et des fruits (raisin, datte, café, cacao...). Leur structure complexe est formée d'unités répétitives monomériques qui varient par leurs centres asymétriques, leur degré d'oxydation (Hemingway, 1992).

Les tannins confèrent un goût amer au jus de la grenade et aux membranes blanches qui entourent les graines. Il a été rapporté que la grenade possède deux tannins à savoir l'acide ellagique et punicalagine (Figure 6) qui ont un rôle important dans l'activité antioxydante (Arjamand, 2011).

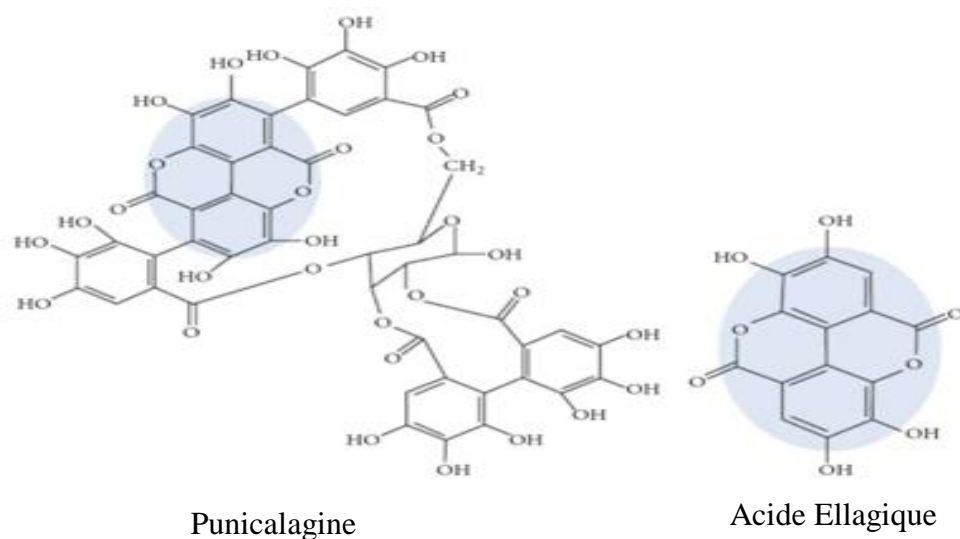


Figure 6: Structure des principaux polyphénols de la grenade (Arjamand, 2011).

➤ **Les tannins hydrolysables**

Les tannins hydrolysables sont des esters de glucides ou d'acides phénols (Figure 7), ou de dérivés d'acides phénols; les molécules glucidiques est en général du glucose, mais dans certains cas des polysaccharides (Ribereau, 1968).

L'intérêt des tannins hydrolysables de grenade dans divers domaines scientifiques et commerciaux a augmenté constamment vue leur intérêt dans le secteur alimentaire, car ces composés jouent un rôle important dans la qualité des aliments grâce à leur propriétés antioxydants (Blaid, 2016).

➤ **Les tannins condensés**

Les tannins condensés sont trouvés dans la peau et le jus (Arjamand, 2011). La plupart des activités des tannins condensés dépendant en grande partie de leur structure, en particulier leur degré de polymérisation (Blaid, 2016).

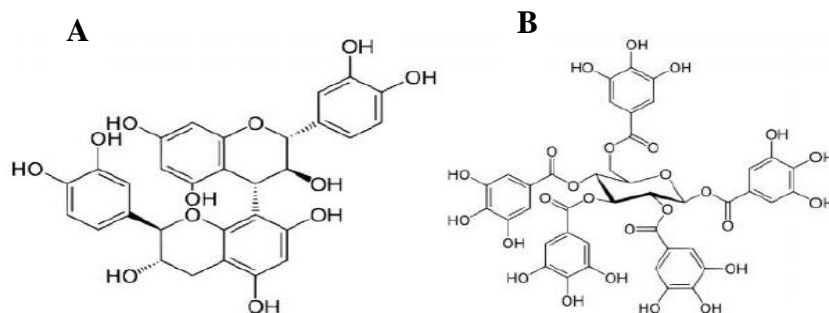
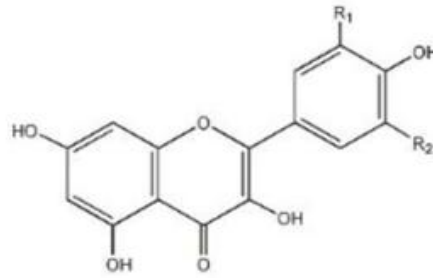


Figure 7: Structures chimiques d'un tannin condensé (A) et d'un tannin hydrolysable (B) (Kumbasli, 2005; Peronny, 2005).

I.1.7.3. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des polyphénols naturels et complexes, présents sous forme de dérivées glycosidiques dans de nombreux fruits et légumes (Alais *et al.*, 2003). Les flavonoïdes sont des pigments responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles. Ils sont des présents dans les cellules épidermiques de feuilles et ils sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs des rayonnements UV (Hadi, 2004). Il a été signalé que la grenade présente des principaux flavonoïdes à savoir la catéchine, la quercétrine, et le kœmpférole (Figure 8), qui jouent un rôle important dans l'activité antioxydante (Arjamand, 2011).



R₁ = H; R₂ = H: Kaempférole

R₁ = OH; R₂ = H: Quercétine

R₁ = OH; R₂ = OH: Myricétine

R₁ = OCH₃; R₂ = H: Isorhamnétine

Figure 8: Structure des principaux flavonoïdes de la grenade (Gnu, 2007).

I.1.7.4. Les anthocyanines

Les anthocyanines sont des pigments vacuolaires rouges, roses, mauves, pourpres, bleus ou violets de la plupart des fleurs et des fruits (Bruneton, 1993). Ils sont caractérisés par l'engagement de l'hydroxyle en position 3 dans une liaison hétérosidique (les anthocyanosides) (Figure 9). Leurs génines (les anthocyanidols) sont des dérivés du cation 2-phényl-benzopyrylium plus communément appelé cation flavylum. Ces pigments représentent des signaux visuels qui attirent les animaux pollinisateurs (insectes, oiseaux) (Brouillard *et al.*, 1997 *in* Bahorum, 1997).

La composition en anthocyanines est un paramètre important de qualité du fruit de la grenade, en raison de l'importance de ces derniers dans la couleur des jus respectifs. Les anthocyanines dans la grenade changent considérablement avec les cultivars, maturité, le secteur de production et conditions saisonnières (Gil *et al.*, 1995; Borochoy-Neoriet *al.*, 2009).

Anthocyanidines R=H	R1	R2
Malvidine	OCH3	OCH3
Péonidine	OCH3	H
Delphinidine	OH	OH
Pétunidine	OCH3	OH
Cyanidine	OH	H

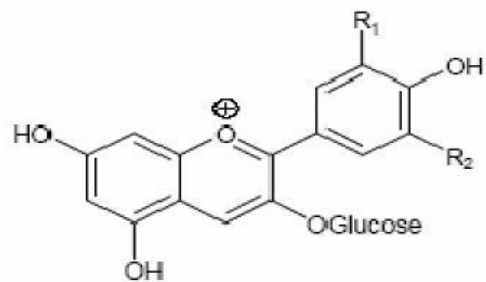


Figure 9: Structure des anthocyanosides (Ribereau, 1968)

I.1.8. Production de la grenade

I.1.8.1. Production mondiale

La production mondiale annuelle de grenades est estimée à environ trois millions de tonnes. Les pays les plus producteurs de ces fruits sont l'Inde, l'Iran et la Chine avec une production respectivement de 900 000, 800 000 et 250 000 Tonnes (Melgarejo et Valero, 2012).

I.1.8.2. Production en Algérie

Bien que le grenadier soit peu exigeant, les plantations ne sont pas très importantes en Algérie. Il existe de nombreuses variétés de grenades, de qualités très différentes. Plusieurs sortes de grenadiers sont signalés dans des petits jardins en Kabylie, on ne connaît que leurs appellations locales (Lahlou, Elmouz) (INRAA, 2006). Selon DSA (2018), la production totale de grenade en Algérie est 421 136 Qx. La wilaya de Mostaganem a enregistré une grande production avec une quantité de 186 261 Qx, suivie par Djelfa 110 760 Qx. La production de la grenade en Algérie ainsi que sa superficie sont enregistrés dans le Tableau V.

Tableau V: Production de la grenade en Algérie (DSA, 2018).

	Superficie plantée (Ha)	Superficie en rapport (Ha)	Production (Qx)
Djelfa	1240	1186	110760
Mostaganem	1140	1145	186261
Relizane	723	705	90565
M'sila	486	474	31960
Tlemcen	444	205	1590

I.1.9. Propriétés thérapeutiques de la grenade

I.1.9.1. Effet sur les maladies cardiovasculaires

L'Athérosclérose est la cause majeure de mortalité dans le monde occidental. Sa pathogénecite est due à plusieurs interactions complexes entre les cellules des parois

artérielles; les cellules sanguines et les lipoprotéines du plasma. Elle est le résultat de multiples facteurs de risque interactifs, y compris l'hypertension, l'activation des plaquettes sanguines, augmentations des concentrations de cholestérol LDL et des modifications oxydatives des LDL. La consommation de grenade a un effet sur ces facteurs et agit sur la maladie (Fuhman et Aviram, 2006).

I.1.9.2. Effet hypotenseur

La grenade est très connue pour l'abaissement de la tension artérielle grâce à certains antioxydants comme la vitamine C, la vitamine E, la bêta-carotène et le coenzyme Q possédant des propriétés hypotenseur. Comme le jus de grenade possède de très fortes propriétés antioxydantes, une étude a examiné l'effet de la consommation quotidienne de 50 mL de jus de grenade chez des patients souffrant d'hypertension. Au bout de deux semaines, la pression systolique avait baissé de 5% et l'activité sérique de l'angiotensin-converting enzyme (ACE) était réduite de 36%. Une réduction de l'activité sérique de l'ACE semble atténuer l'athérosclérose (Seraam *et al.*, 2006).

I.1.9.3. Effet sur les plaquettes sanguines

La formation de thrombose est importante dans les maladies cardio-vasculaires. Les plaquettes sont des fragments de cellules sanguines qui proviennent du cytoplasme des mégacaryocytes dans la moelle osseuse et circulent dans le sang. Elles jouent un rôle majeur dans le processus hémostatique et dans la formation de thrombus après une lésion endothéliale. Les plaquettes jouent également un rôle important dans le développement de l'athérogénicité. Des études récentes ont permis de mieux comprendre leurs fonctions. L'activation plaquettaire est attribuable à des Espèces Réactives Oxygénées (ERO) ainsi les antioxydants diminuent l'agrégation plaquettaires. Il est prouvé que le jus de grenade diminue l'agrégation plaquettaire *In vivo* et *In vitro* (Fuhman et Aviram, 2006).

I.1.9.4. Effet sur les lipides sanguins et leur peroxydation

Il est considéré que les acides gras insaturés jouent un rôle de prévention naturelle des maladies cardiovasculaires et la réduction du cholestérol total, LDL et HDL. Le plasma

humain, obtenu chez des patients en bonne santé après 2 semaines de consommation du concentré de jus de grenade, a démontré une baisse de peroxydation lipidique des LDL, par rapport au plasma obtenu avant la consommation du jus (Fuhman et Aviram, 2006).

I.1.9.5. Effet sur le cancer de prostate

Le cancer de prostate est l'un des cancers les plus répandus chez les hommes. Une étude *In vivo* sur une lignée de cellules du cancer de prostate PC-3 hautement agressive, a démontré que des extraits acétoniques du fruit de grenade inhibent la prolifération cellulaire et induit l'apoptose. L'administration par voie orale d'un extrait de grenade à des souris aux cellules cancéreuses de la prostate avaient été implantées, induit une inhibition significative de la croissance de la tumeur. De plus, le taux sérique de la SPA (antigène spécifique de la prostate) était réduit (Boussalah *et al.*, 2012).

I.1.9.6. Effet sur le cancer du sein

Le cancer du sein est l'un des cancers les plus courants qui menace la femme ménopausée. L'œstrogène le plus puissant de l'organisme, le 17- β -œstradiol, joue un rôle important dans la genèse et le développement de cancers hormonaux dépendants à leur premier stade. Les composés polyphénoliques de la grenade inhibent la prolifération de cellules d'une lignée cancéreuse du sein et la 17- β -hydroxystéroïde déshydrogénase de type, enzyme qui convertit l'œstrogène, l'œstrone, en son métabolite le plus actif, le 17- β -œstradiol. Une forte expression de cette enzyme peut être un indicateur de mauvais pronostic chez des femmes ayant des tumeurs du sein avec des récepteurs œstrogène positifs (Kim *et al.*, 2002).

I.1.9.7. Effet sur le cancer du poumon

Le cancer du poumon reste l'un des cancers les plus mortels en dépit des avancées scientifiques et médicales dans la radiothérapie et la chimiothérapie de ces dernières années. Des extraits du fruit de grenade ont diminué la viabilité des cellules cancéreuses humaines du poumon sans affecter les cellules bronchiales saines et diminue la progression de la tumeur (Sayed *et al.*, 2007).

I.1.9.8. Effet sur le cancer du colon

Les composés phytochimiques de la grenade ont démontré un effet inhibiteur de la prolifération de cellules cancéreuses du colon et l'apoptose à travers la modulation de facteur de transcription cellulaire et protéique. Le jus de grenade inhibe la prolifération des cellules cancéreuses humaines de la lignée HT-29, et il est plus efficace que l'ellagitannin purifié de grenade et cela est dû à l'effet synergique des constituants du jus de grenade (Seeram *et al.*, 2005).

I.1.9.9. Effet sur le cancer de la peau

L'exposition excessive aux ultraviolets (UV-B) a des effets néfastes sur la santé telle que l'érythème, l'hyperplasie, l'hyperpigmentation, l'immunosuppression, la photo vieillissement, et le cancer de la peau. Des extraits de grenade ont un effet photochimio préventif et protecteur des kératinocytes, cellules épidermales humaines, contre les radiation UV-B ET UV-A; ainsi que les effets chimiopréventifs et curatifs des lésions cutanées chez la rat (Boussalah *et al.*, 2012).

I.1.9.10. Effet sur la qualité du sperme

Une étude menée sur des rats a démontré une relation positive entre la consommation de jus de grenade et les paramètres de qualité du sperme. Une augmentation significative de la concentration du sperme epididymaire, de la mobilité des spermatozoïdes, de la densité des cellules spermatogénique, du diamètre des tubules séminifères et de l'épaisseur de la couche des cellules germinales; ainsi qu'une diminution du taux de spermatozoïdes anormaux. Cette amélioration de la qualité du sperme est due à la capacité antioxydante accrue du jus de grenade à protéger les spermatozoïdes sains contre les dommages de la peroxydation (Nourddine *et al.*, 2012).

I.1.9.11. Effet protecteur neurologique

L'Alzheimer est la cause la plus courante de démence. Elle touche plus de 10% des adultes de plus de 65 ans; des études suggèrent que l'alimentation affecte le développement de cette maladie. Une étude menée sur des souris transgéniques alimentées par du jus de grenade, a démontré des effets bénéfiques sur les comportements et les signes neurologiques liés à la maladie d'Alzheimer. La consommation de jus de grenade

pendant la gestation de la souris permet de protéger le cerveau du fœtus des lésions potentiel causé par un manque d'oxygène à la naissance (Hartman *et al.*, 2006) .

I.1.9.12. Effet antiviellissement

Un nombre croissant de preuves indiquent que les dommages causés aux macromolécules dus au métabolisme de l'oxygène et au stress oxydatif augmentent progressivement avec le vieillissement. Les protéines sont les macromolécules les plus affectées par le stress oxydatif induisent l'inactivation des enzymes et l'induction de leur protéolyse. Les modifications les plus connues sont la formation de dérivés carbonyles sur les résidus de lysine, d'arginine, de proline, d'histidine, de cystéine et de thréonine. IL est constaté que la consommation journalière du jus de grenade diminue significativement le contenu sérique en composé carbonyles chez des sujets âgés alors que la consommation du jus de pomme n'affecte pas la teneur sérique en carbonyles. Cela démontre l'effet protecteur du jus de grenade contre le vieillissement (Boussalah *et al.*, 2012).

I.2. La confiture

I.2.1. Historique

Au moyen âge, l'appellation confiture désignait toutes les confiseries réalisées à partir d'aliments cuits et conservés dans du sucre ou du miel (Furat, 2000). Parmi ces confiseries les bonbons et les fruits confits. Les confitures étaient un moyen pour conserver les fruits les plus fragiles après la récolte (la fraise, l'abricot et l'orange) (Benamara *et al.*, 1999). Elles ont été introduites en Europe par l'intermédiaire des Arabes (Furat, 2000). Au milieu du XIXe siècle, le mot « confiture » désignait des fruits au sirop, des pâtes de fruits, des fruits confits et aussi des fruits cuits dans du sucre. La confiture a été utilisée comme un remède à la table des grands seigneurs et des rois, et a été servie pour prévenir les effets non désirés de certains aliments (Furat, 2000).

I.2.2. Définition

Selon le Codex Alimentarius (2009) la confiture est définie comme: « Le produit préparé à partir de fruit(s) entier(s) ou en morceaux, de pulpe et/ou de purée concentrées ou non concentrées, d'une ou plusieurs sortes de fruits, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance adéquate ».

I.2.3. Valeurs nutritionnelles

La confiture joue un rôle très important dans l'alimentation humaine surtout dans les premiers repas du jour. Ceci est dû à sa composition et sa richesse en fruits. Sa richesse en sucre, constitue la part la plus importante de sa valeur énergétique. La présence de saccharase facilite la digestion des confitures (Monrose, 2009). La caractéristique nutritionnelle des confitures varie selon la nature des fruits qui sont employés (Sakho, 2009).

Le sucre constitue la part la plus importante de la valeur énergétique de cet aliment: 63-70%. Sa digestion est facilitée par une enzyme appelée saccharase (sécrétée par le suc gastrique transforme le saccharose en glucose et fructose) (Monrose, 2009). Les fruits apportent 10-15% des fibres, des minéraux, des vitamines, des polyphénols et des caroténoïdes qui sont des éléments essentiels pour notre santé (Kassé, 2014).

Les principaux constituants de la confiture sont les fruits et les sucres. Mais sa composition varie selon la nature du fruit utilisé. La composition de la confiture est montrée dans le Tableau VI (Apfelbaum *et al.*, 2004).

I.2.4. Composition chimique

•**L'eau**: les confitures sont pauvres en eau puisqu'elles en contiennent 30 à 40%. En effet celle-ci a été éliminée lors de la cuisson par évaporation.

•**Les glucides**: la teneur moyenne est de 60% à 70% de glucide ce sont des glucides simple majoritairement représentées par un saccharose. Cette teneur élevée en glucide est due à la concentration qui a lieu lors de la cuisson et du sucrage.

•**Les fibres:** la teneur moyenne en fibres des confitures est proche de 1% cette valeur reste donc négligeable de part les quantités de consommation recommandées.

•**Les minéraux:** les minéraux (calcium, magnésium, potassium) sont réduits de moitié environ par rapport au fruit de départ à cause de la dilution provoquée par l'ajout de sucre.

•**Les vitamines:** en ce qui concerne la vitamine C, sa fragilité entraîne sa totale disparition lors de la cuisson. La Béta-carotène et la vitamine B₉ voient aussi leur teneur fortement abaissée du fait du sucre ajouté et de traitement technologique (Fredot, 2009).

Tableau VI: Composition moyenne d'une confiture (Apfelbaum *et al.*, 2004).

<i>Composition moyenne pour 100 g</i>	
Nutriments	Quantité
Energie (K joules)	1086 à 1191
Energie (K calories)	260 à 285
Protides	0,3 g
Lipides	0,2 g
Glucides	65 à 70 g
Eau	30 à 35 g
Phosphore	15 mg
Calcium	20 mg
Sodium	0,3 mg
Fer	15 mg
Potassium	115 mg

I.2.5. Différents types de confitures

• **La confiture:** est le mélange, porté à la consistance gélifiée appropriée de sucres, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. La quantité de pulpe et/ou purée utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini n'est pas inférieure à 350 grammes en général (Bouzonville, 2004).

Selon le Codex Alimentarius (2017), la confiture est définie comme suite :

• **La confiture extra:** est le mélange, porté à la consistance gélifiée appropriée, de sucres, de pulpe non concentrée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Toutefois, la confiture extra peut être obtenue entièrement ou partiellement à partir de purée non concentrée de ces fruits. La quantité de pulpe utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini n'est pas inférieure à 450 grammes en général.

• **La gelée:** le produit préparé à partir de jus et/ou d'extraits aqueux d'un ou de plusieurs fruits mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance gélifiée semi-solide.

• **Marmelade d'agrume:** est le produit obtenu à partir d'un ou plusieurs agrumes et porté à une consistance adéquate. Il peut être élaboré à partir d'un ou plusieurs des ingrédients suivants: fruits entiers ou morceaux de fruits pelés entièrement ou en partie, pulpe, purée ou jus, extraits aqueux et zeste, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau.

• **Marmelade préparée à base de fruits autres que les agrumes :** est le produit préparé par la cuisson de fruit(s) entier(s), en morceaux ou concassés avec adjonction de denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, jusqu'à l'obtention d'une consistance semi-liquide ou épaisse.

• **Marmelade en gelée:** le produit décrit sous la désignation de marmelade d'agrumes et dont la totalité des matières sèches insolubles a été extraite mais qui peut contenir ou non une petite quantité de pelure finement tranchée.

I.2.6. Les Constituants

La réalisation de la confiture nécessite de mélanger les fruits avec du sucre, puis de cuire le tout jusqu'au phénomène de gélification ou « prise » (Dupin *et al.*, 1992). En plus des fruits, la confiture contient du sucre ou un autre agent édulcorant (adouçissant), de la pectine, des acides organiques et de l'eau. En milieu favorable, le sucre et l'acide modifient physiquement la pectine, et en forment une gelée dans laquelle le fruit se tient en suspension. Il faut régler soigneusement le pH pour réaliser la gélification. De ce fait, il faut doser exactement tous les ingrédients pour obtenir une confiture ayant la consistance voulue (Hebbache et Sebkhi, 2013).

I.2.7. Confiture et pectine

Les pectines sont des substances d'origine végétale. Ce sont des polysaccharides complexes que l'on retrouve principalement dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des plantes supérieures (Paquet *et al.*, 2007). D'un point de vue nutritionnel, les pectines sont considérées comme des fibres solubles ayant une forte capacité de rétention d'eau (Donato, 2004). Les substances pectiques sont nombreuses, on y trouve:

- Les protopectines qui sont des pectines hydrolysées;
- Les pectines qui sont des acides polygalacturoniques partiellement ou entièrement estérifiés;
- Les pectinates qui sont des sels de pectines;
- Les acides pectiques qui sont essentiellement des acides polygalacturoniques non estérifiés;
- Les pectates qui sont les sels d'acide pectique (Liu *et al.*, 2003).

Selon Aubree (1996), la molécule de pectine se présente sous la forme d'un polymère linéaire d'acides D-galacturoniques joints en α (1-4) par une liaison glycosidique. La chaîne pectique, à l'état solide ou en solution présente une configuration spiralée avec un pas de 3 (Figure 10).

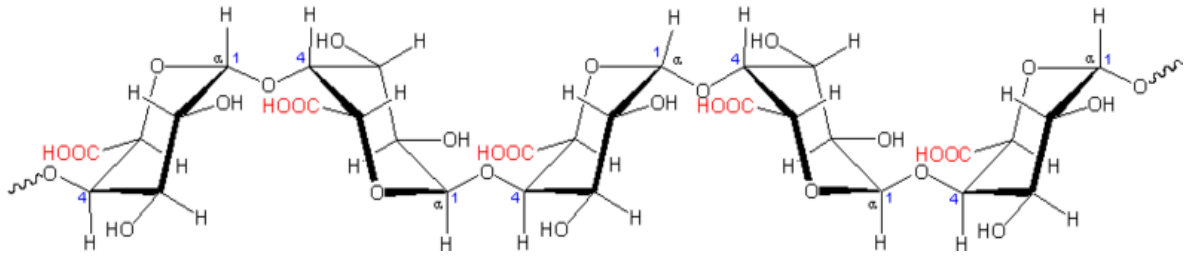


Figure 10: Structure chimique de la pectine (Aubree, 1996).

Les fruits sont des tissus végétaux formés de cellules qui sont limitées par des parois composées essentiellement de cellulose, d'hémicelluloses et de pectines. Les pectines sont des hétéropolyosides (sucres) à teneur élevée en acide galacturonique dont la fonction acide-COOH peut être transformée par de l'alcool méthylique (CH_3OH) en fonction ester- COOCH_3 (Benmeziane *et al.*, 2018).

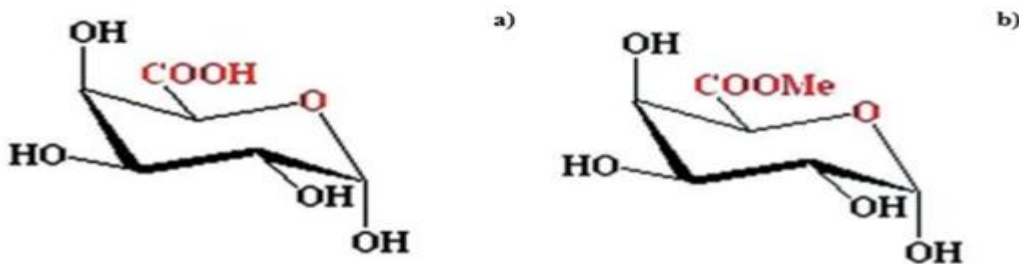


Figure 11: Structure de l'acide galacturonique (a) et de l'acide galacturonique méthylé (b) (Aubree, 1996).

I.2.8. Gélification des pectines

Une application connue depuis fort longtemps de ce type de pectine réside dans la fabrication des confitures: en présence de sucre et en milieu acide, les pectines hautement méthylées (HM) présentes dans les fruits gélifient. Les zones de jonction de ce type de gels sont formées de segments de deux molécules, ou plus, qui sont stabilisés par une combinaison de liaisons hydrogène et hydrophobe. La gélification a lieu en milieu acide ($\text{pH} < 3,5$), permettant le rapprochement des chaînes de pectines par un écrantage des charges et une augmentation des liaisons hydrogène et en présence de co-soluté (généralement du saccharose) destiné à promouvoir les interactions hydrophobe en diminuant l'activité de l'eau. La gélification se produit au cours du refroidissement dans les conditions appropriées. La vitesse de gélification augmente si la température ou le pH diminue et si le degré de méthylation (DM) ou la teneur en co-solutés augmente. Les gels obtenus ne sont pas thermoréversibles (Thakur *et al.*, 1997).

La gélification des pectines faiblement méthylées (LM) se produit lors du refroidissement et les gels obtenus peuvent être thermoréversibles. Cette thermo réversibilité a récemment été remise en question par Cardoso *et al.* (2003).

Dans ce cas, les fonctions acide $-\text{COOH}$ sont prépondérantes. Elles sont facilement dissociées en COO^- et H^+ , et de ce fait, comportent ainsi un nombre important de charges négatives localisées, ce qui rend leur association beaucoup plus difficile. On favorise leur rapprochement en ajoutant des cations divalents comme le calcium Ca^{2+} : ces ions forment des ponts entre les charges négatives localisées des molécules et leurs teneurs en calcium doit être comprise entre 0,1 et 0,2 %.

Partie
expérimentale

Matériel
et
Méthodes



II.1. Matériel végétal

La grenade est le fruit du grenadier (*Punica granatum*) utilisé dans cette étude, il s'agit de la variété Lehlou (sweet) (Figure 13). Elle à été récolté dans la région Larbaa Nath Irathen.



Figure 12: Photographie du fruit de grenade (prise le 04/02/2019).

II.2. Caractéristiques morphologiques de la grenade

Les caractéristiques physiques ont été évaluées sur 10 fruits choisis au hasard sur lesquels ont été déterminés:

- La couleur appréciée visuellement;
- La consistance déterminée au toucher;
- Les dimensions du fruit déterminées par un pied à coulisse. Le rapport suivant est

calculé:

$$\text{Rapport longueur / largeur} = \text{longueur (cm)} / \text{largeur (cm)}$$

- Le poids, au moyen d'une balance analytique de précision de $\pm 0,001$ g. Le poids Moyen (en gramme) du fruit est obtenu selon la formule suivante:

$$P_m = P_t / n$$

P_m: Poids moyen d'un fruit (g);

P_t: Poids total de l'échantillon (g);

n: Taille de l'échantillon.

II.3. Elaboration de la confiture de grenade

Avant la préparation de la confiture, les grenades sont épluchées, nettoyées, puis les graines récupérées sont mis dans des sachets de congélation, vider d'air et bien fermés avant de les congeler à une température de -18°C.

La préparation de la confiture de grenade est basée sur deux formulations différentes en changeant le taux de sucre et donc de texture. Les deux produits sont soumis à des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles évaluées par un panel de dégustation. En outre, une évaluation de leur teneur en substances bioactives et leur propriétés anti-oxydantes.

Formulation 1 :

- ✓ 1 Kg des graines de grenade
- ✓ 250 g de sucre cristallisé
- ✓ Jus d'un citron



Figure 13: Confiture de grenade élaborée par la formulation 1 (prise de photo personnelle le 10/04/2019)

Formulation 2 :

- ✓ 1 Kg des graines de grenade
- ✓ 500 g de sucre cristallisé
- ✓ Jus d'un citron



Figure 14: Confiture de grenade élaborée par la formulation 2 (prise de photo personnelle le 10/04/2019)

➤ *Diagramme de production*

Le diagramme de production décrit les étapes de fabrication pour 1 kg de grenade, sans ajout de pectine (Figure 15 et 16).



4- Mettre 1 Kg de grenade dans un récipient, large, profond et inoxydable



5- Addition de sucre cristallisé (250g/500g)



6- Faire cuire le mélange à feu doux puis le passer dans une moulinette



7-Addition du jus d'un citron (Acide citrique)



8- Tester si la goutte de confiture durcit sur l'assiette, la confiture est prête



9- Stérilisation des bocaux à l'eau bouillante



10- Remplissage des bocaux avec la confiture encore en cuisson



11- Retourner immédiatement les bocaux afin de stériliser les couvercles



12- Refroidissement et stockage réfrigéré

Figure 15: Photographie des différentes étapes de préparation de la confiture.

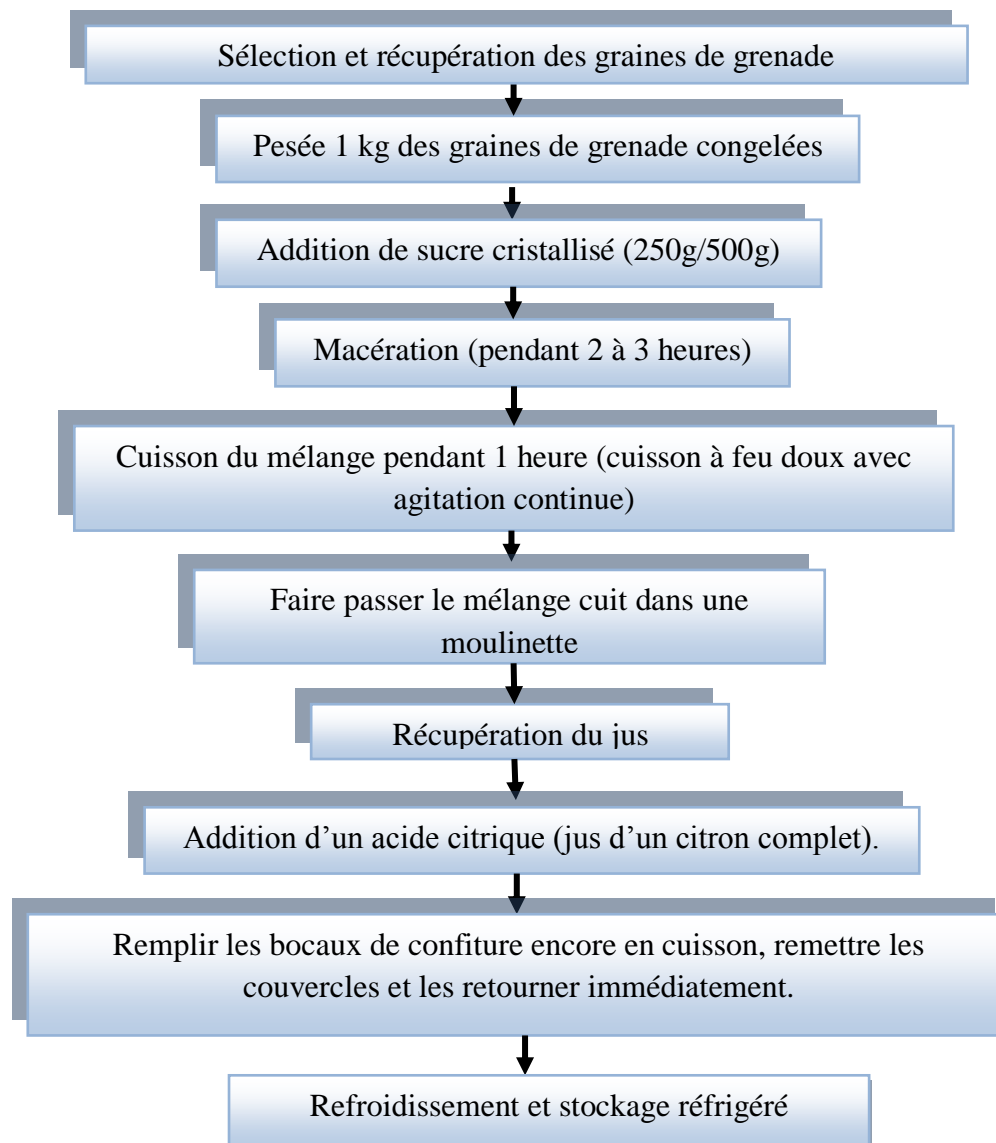


Figure 16: Diagramme de fabrication de confiture de la grenade.

✓ **Nettoyage et triage de la grenade**

Cette étape se fait manuellement, les grenades sont triées afin d'éliminer toutes grenades susceptible d'altérer ou de contaminer l'échantillon. Elles subissent un nettoyage à l'eau potable afin d'éliminer les impuretés.

✓ **découpage et d'égrainage**

Couper les grenades saines en quatre morceaux, puis éliminer l'écorce et récupérer les graines.

✓ **Stockage**

Les grenades ont été épluchées délicatement pour ne pas abimer les graines. Ces derniers, sont conservés dans des sacs de congélation, vidés d'air et bien fermés. Enfin, les échantillons sont stockés dans un congélateur à une température de -18°C jusqu'au moment d'utilisation.

✓ **Cuisson**

Enlever les sachets préalablement congelés juste avant la cuisson; mettre le contenu dans un récipient, large, profond et inoxydable.

La cuisson permet d'enlever l'eau excédentaire, de cuire les graines de grenade, de dissoudre le sucre, de libérer les pectines et de pasteuriser le mélange.

Faire cuire à feu doux en remuant constamment, avec une cuillère en bois, pour empêcher la confiture d'attacher au fond de la marmite et que le sucre ne se caramélise pas.

Bien choisir sa marmite de cuisson: la marmite doit être plus large que profonde pour présenter une forte surface d'évaporation. L'inox est indispensable car l'acidité des fruits attaque les autres métaux (libération de saveurs métalliques désagréables). Les marmites à fond épais limitent les risques de sur-cuisson de la confiture au fond. Les marmites hémisphériques sont préférables pour une meilleure répartition de la chaleur.

✓ **Acidification**

Ajouter le jus d'un citron pour le jus récupéré.

✓ **Fin de cuisson**

En l'absence de réfractomètre, on peut pratiquer un test simple: sur une assiette froide, déposer une goutte de confiture. Si celle-ci coule, la cuisson n'est pas terminée. Si elle durcit sur l'assiette, la confiture est prête.

✓ **Conditionnement**

Remplir les bocaux avec la confiture encore en cuisson (température supérieure à 90°C). Avant le conditionnement, les emballages et leurs couvercles (bocaux en verre) doivent être lavés à l'eau bouillante. Cette précaution évite également les bris de verre lors du remplissage avec la confiture brûlante (chocs thermiques). Fermer les pots aussitôt remplis et les retourner afin que la confiture chaude pasteurise le couvercle.

✓ **Refroidissement et stockage**

Laisser les bocaux refroidir progressivement à température ambiante et les stocker dans un réfrigérateur.

II. 4. Détermination des propriétés physico-chimiques

II.4.1. Le pH

Le pH permet de mesurer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution aqueuse après l'avoir étalonné avec des solutions tampons à pH = 4 ou à pH= 9. Il est déterminé à l'aide d'un pH mètre constitué d'une sonde reliée à un voltmètre. Une prise d'essai de 10 g est ajustée avec de l'eau distillée à un volume de 25 mL, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 min suivi d'une filtration. La sonde est introduite dans le filtrat récupéré ensuite relevé la valeur du pH indiquée sur l'écran digital après stabilisation de la mesure (DGCERF, 2008).

II.4.2. L'acidité titrable

L'acidité a été déterminée par la méthode de Verma et Jochi (2000). Une prise d'essai de 5 g est ajustée jusqu'à un volume de 25 ml d'eau distillée suivie d'une agitation pendant 15 min et une filtration à travers un papier filtre waltman. 5 ml du filtrat est récupéré sont ajoutés à 5 ml d'eau distillée puis les répartirent dans 3 béchers en verre. Le dosage est effectué en titrant avec la soude (0,01N) jusqu'à obtention d'un pH égal à 7. L'acidité est exprimée par la formule suivante:

$$\text{Acidité (\%)} = (N_b * V_b * M) / (V_a * P)$$

M: Masse molaire de l'acide citrique (192,13) g/mol;

V_a: Volume de la prise d'essai (V=3,33 mL) ;

V_b: Volume de la solution NaOH ml;

N_b: Normalité de la solution NaOH (0,01N);

P: Nombre de protons portés par l'acide citrique (p=3).

II.4.3. La teneur en eau (humidité)

La détermination du taux d'humidité de la confiture a été réalisée selon la méthode de Lako *et al.* (2007). Elle consiste à une dessiccation d'une prise d'essai (5 g) dans une étuve portée à une température de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 24 H, la teneur en eau est calculée selon la formule suivante:

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

H (%): Humidité en pourcentage.

M₁: Masse de la capsule plus la masse de la matière fraîche (g).

M₂: Masse de la capsule plus la masse de la matière sèche(g).

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

$$\mathbf{\text{Matière sèche (\%)} = 100 - H (\%)}$$

II.4.4. La viscosité

La viscosité est mesurée à l'aide d'un viscosimètre (Hach-Lang HQ40). Le résultat est lu directement sur l'afficheur de l'instrument plongé directement dans un récipient contenant la confiture à température de 25°C . Plonger la sonde jusqu'à ce qu'elle puisse tourner dans le récipient et donner une valeur en *Milli pas*.

II.4.5. La conductivité

La conductivité de la confiture est mesurée à l'aide d'un conductimètre (Hach-Lang HQ40) qui fonctionne par la mesure simultanée de la conductivité des liquides (ou solides dissous totaux « TDS ») ainsi que la température. Après avoir mesuré la température de l'échantillon (filtrat de confiture) pour régler le bouton du potentiomètre sur cette dernière, on plonge la sonde dans l'échantillon, la valeur de la conductivité est affichée sur l'écran de l'instrument (DGCERF, 2008).

II.4.6. La teneur en cendre

Une quantité de 5 g de confiture est mise dans une capsule en porcelaine puis placée dans un four à moufle porté à $550 \pm 15^\circ\text{C}$ pendant 5 H jusqu'à l'obtention des cendres de couleur grise, claire ou blanchâtre (AFNOR, 1982). La capsule est pesée après refroidissement dans un dessiccateur et la matière organique est calculée par la formule suivante:

$$\text{MO (\%)} = (\text{M}_1 - \text{M}_2) * 100 / \text{P}$$

MO: Matière organique en (%).

M₁: Matière des capsules plus la masse de la prise d'essai (g).

M₂: Masse des capsules plus la masse des cendres (g).

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

La teneur en cendre (**Cd**) est calculée comme suit :

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

II. 4.7. Le degré Brix

Le pourcentage du Brix est défini comme étant le taux de glucides exprimé en g/100g de jus; il est déterminé par lecture directe sur un réfractomètre (Humeau) selon la méthode de DGCERF (2008). Quelques gouttes de l'échantillon sont déposées sur la surface du prisme puis l'appareil est dirigé vers la lumière pour lire le résultat, la mesure est donnée sur l'échelle graduée par la limite entre la zone claire et la zone sombre appelée « séparatrice » et les résultats sont exprimés en pourcentage.

II.4.8. La teneur en sucres

La teneur en sucres de la confiture de grenade est déterminée selon la méthode AFNOR (1982). Brièvement, 10 g de l'échantillon sont introduits dans un bêcher de 100 ml, 2,5 ml d'acétates de zinc (30%) sont additionnés, le volume est ajusté à 2/3 du volume du bêcher avec de l'eau distillée. Le mélange est agité à plusieurs reprises et laissé reposer pendant 15 min, puis ajusté avec de l'eau distillée jusqu'à 100 ml suivi d'une homogénéisation. La solution est filtrée le filtrat obtenu est récupéré.

II.4.8.1 Dosage des sucres totaux

A 50 ml du filtrat sont ajoutés à 5 ml de HCl, le mélange est chauffé à une température de 70°C au bain marie pendant 5 min. La neutralisation a été effectuée avec de la soude à 10 N en présence de la phénolphthaléine à 1%, le taux de sucre est calculé selon la formule suivante:

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

V: volume de la solution mère en ml

V₂: volume de filtrat utilisé pour le titrage (ml)

II.4.8.2. Dosage des sucres réducteurs

Cinq millilitres de la solution de Fehling I et de la solution de Fehling II sont prélevées dans un bécher. Ce volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée, puis porté à ébullition et titré avec le filtrat obtenu précédemment jusqu'à ce que la couleur bleu disparaisse. Quelques gouttes de bleu de méthylène sont ajoutées et le titrage est poursuivi jusqu'à ce que la couleur bleu soit remplacée par une couleur rouge brique. Les résultats sont exprimés par la formule suivante:

$$\text{Sucres totaux (g/100 g)} = [240/ V (V_1 - 0,05)] \times 10$$

V: Volume de la solution mère en ml.

V₁: Volume du filtrat utilisé pour le titrage (ml).

II.4.8.3 Dosage des sucres non réducteurs (saccharose)

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

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

II. 4.9. Le degré de brunissement non enzymatique

L'estimation du degré de brunissement non enzymatique est déterminée selon la méthode de Ghavidel et Davoodi *et al.* (2007). Brièvement, 50 ml d'alcool absolu (60%) sont ajoutés à 2,5 g de confiture. Après 12 h, la solution est filtrée avec du papier Whatman et son absorbance (DO) est mesurée à 420 nm en utilisant l'alcool (60 %) comme blanc. L'indice de brunissement est exprimé comme la valeur de l'absorbance à 420 nm.

II.4.10. L'indice de couleur

La couleur a été déterminée selon la méthode de Bath et Singh (1999) utilisant un spectrophotomètre. 5 g de confiture sont dilués dans 20 ml d'eau distillée suivie d'une agitation et faire la lecture à 420 nm utilisant l'eau distillée comme un blanc. L'indice de couleur est exprimé comme la valeur de l'absorbance à 420 nm.

II.4.11. Mise en évidence de la présence de pectines

Il s'agit d'une formation de gel de pectine en présence de l'éthanol. Mettre 5 ml de confiture (confiture diluée dans l'eau) à l'aide d'une pipette dans un tube à essai, ajouter 5 ml d'éthanol à 95%. Retourner 2 ou 3 fois le tube en obstruant l'ouverture avec le pouce (éviter de secouer brutalement pour ne pas emprisonner de bulles d'air). Laisser reposer 20 min, un gel apparait en présence de pectine. Lors de la lecture:

- Si le produit contient beaucoup de pectines, il se forme un véritable bouchon solide dans le tube;
- Si le produit contient peu de pectines, il se forme un dépôt granuleux au dessus de la surface liquide et sur les parois du tube;
- Si le produit ne contient pas de pectines, aucune séparation ne doit se produire

II.5. Extraction et dosage des antioxydants

II.5.1. Extraction des composés phénoliques

II.5.1.1. Extraction

Dix grammes de confiture sont homogénéisés avec 50 mL du méthanol 80%. Après agitation pendant 40 min, le mélange est filtré à travers le papier watman, le filtrat récupéré constitue l'extrait méthanolique gardé au froid jusqu'au moment d'analyse.

II.5.1.2. Dosages des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux de la confiture de grenade étudiée est déterminée selon la méthode décrite par Nickavar *et al.* (2008). Brièvement, 0,2 ml du filtrat sont mélangés à 1 ml du réactif Folin-Ciocalteu (dilué au 1/10) et incubé à température ambiante. Après 10 min, 0,8 ml de solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (75 g/L) sont ajoutés. L'ensemble est agité et conservé à l'abri de la lumière, durant 2 h à la température ambiante puis l'absorbance est mesurée à 765 nm. La concentration en composés phénoliques des extraits, exprimée en milligramme Equivalent d'Acide Gallique par 100 g d'Echantillon (mg EAG)/100 g d'Ech), est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions en utilisant l'acide gallique (Annexe III).

II.5.1.3. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est déterminée par colorimétrie selon la méthode décrite par Kim *et al.* (2003). Dans un tube à essai de 10 ml sont introduits successivement 250 μL de filtrat et 1 ml d'eau distillée. Au temps initial (0 min) sont ajoutés 75 μL d'une solution de NaNO_2 (5%), après 5 min, 75 μL d' AlCl_3 (10 %) sont ajoutés. Après 6 min, 500 μL de NaOH (1N) et 2,5 ml d'eau distillée sont ajoutés successivement au mélange.

L'absorbance est mesurée à 510 nm et les résultats sont exprimés en mg Equivalent Catéchine/ g (mg EC/g d'Ech) en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe III).

II.5.2. Extraction et dosage de la vitamine C

Le dosage de l'acide ascorbique est réalisé selon une méthode décrite par Mau *et al.* (2005). 5 g de chaque échantillon est homogénéisé avec 20 mL du solvant d'extraction

(l'acide oxalique 1%). Le tout a été mélangé puis centrifugé pendant 15 min à 4500 tpm. Après filtration, 3 ml du filtrat sont mélangés avec 1 ml de la solution 2,6-dichlorophénolindophénol (DCPIP). L'absorbance est mesurée à 515 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide ascorbique/100 g d'échantillon (mg EAA/100 g d'Ech). Les concentrations en acide ascorbique sont déterminées à partir de la courbe d'étalonnage en utilisant l'acide L-ascorbique comme standard (Annexe III).

II.5.3. Extraction et dosage des anthocyanines et flavonols

La teneur en anthocyanines de confiture de grenade a été déterminée selon la méthode décrite par Ganjewala *et al.* (2008). 1 g de confiture est additionné à 10 ml du mélange méthanol-acide chlorhydrique, après 30 min d'agitation, l'extrait est centrifugé à 5000 tpm pendant 20 min. 0,1 ml de surnageant est additionné de 0,9 ml de mélange méthanol-acide chlorhydrique. L'absorbance est mesurée à 530 nm. Les résultats sont exprimés en mg Equivalent Delphinidin-3-Rutinoside par 100 g de d'échantillon (mg ED3R/100 g Ech), ils sont calculés en se référant à la formule:

$$C = \text{ABS} * \text{MM} * \text{FD} * 1000 / \epsilon L$$

ABS: Absorbance à 530nm;

L: Trajet optique;

FD: Facteur de dilution;

MM: Masse molaire moyenne de la Delphinidine -3- Rutinoside: 465 g/mol;

ϵ : Coefficient d'extinction molaire delphinidine -3- rutinoside ($\epsilon = 29000 \text{ L. mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$).

Concernant le dosage des flavonols, il se fait de la même manière seulement l'absorbance est de 360 nm. Les résultats exprimés en mg équivalent de Quercétine-3-Glucoside par 100g d'échantillon (mg EQ3G/100 g Ech), ils sont calculés en se référant à la formule:

$$C = \text{ABS} * \text{MM} * \text{FD} * 1000 / \epsilon * L$$

ABS: Absorbance à 360 nm;

L: Trajet optique;

FD: Facteur de dilution;

MM: Masse molaire moyenne de la Quercétine-3-Glucoside : 464.4g/mol;

ϵ : coefficient d'extinction molaire de la Quercétine-3-Glucoside ($\epsilon = 20000 \text{ L. mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$).

II.5.4. Extraction et dosage des caroténoïdes

II.5.4.1. Extraction

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

II.5.4.2. Dosage des caroténoïdes totaux

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

II.5.4.3. Dosage du lycopène

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

II.6. Evaluation du pouvoir antioxydant

II.6.1. Détermination du pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est basé sur la réaction d'oxydoréduction, dont la réduction du chlorure ferrique (FeCl_3) en chlorure ferreux (FeCl_2) en présence d'un agent chromogène: le ferricyanure de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] en milieu acidifié par l'acide trichloracétique (Ribeiro *et al.*, 2008). Le pouvoir réducteur des extraits de la confiture de grenade a été déterminé par la méthode d'écrite par Oyaizu (1986) rapportée par Kumar *et al.* (2005). Un volume de 200 μL de chaque extrait est ajouté à 2,5 ml de tampon phosphate (pH 6,6; 0,2 M), suivi de 2,5 mL de ferricyanure de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] à 1% après agitation, le mélange est soumis à l'incubation à 50°C pendant 20 min. 2,5 ml d'acide trichloracétique à 10% sont additionnés au mélange et agité pendant 10 min. Un volume de 1,25 ml du surnageant est ajouté à 1,25 ml d'eau distillé, puis 0,25 ml de chlorure ferrique à (0,1%) est

ajouté au mélange. Le mélange homogénéisé préalablement, est incubé pendant 10 min à l'abri de la lumière, l'absorbance est lue à 700 nm.

Le pouvoir réducteur est déterminé par référence à la courbe d'étalonnage et les résultats sont exprimés en mg ET/100 g d'Ech (Annexe III).

II.6.2. Détermination de l'activité antioxydante totale

L'activité antioxydante totale est déterminée selon la méthode rapportée par Prieto *et al.* (1999). Un volume de 1 ml de solution du phosphomolybdate, (0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium) est additionné à 100 uL de filtrat, le mélange est incubé à 90°C pendant 90 min et l'absorbance est mesurée à 695 nm. La capacité antioxydante est exprimée en milligramme Equivalent Trolox par 100 g d'Echantillon (mg ET/100 g d'Ech).

II.6.3. Inhibition du radical ABTS^{•+}

L'activité de piégeage du radical ABTS de la confiture de grenade a été mesurée par la décoloration du cation ABTS telle qu'elle est décrite par Re *et al.* (1999), qui consiste à additionner 2 ml de la solution d'ABTS^{•+} ($A_{734nm} = 0,700 \pm 0.020$) à 20 µL de l'extrait. La lecture de l'absorbance est mesurée, à partir de la première minute pendant 6 minutes, à 734 nm. Les pourcentages d'inhibition du radical ABTS^{•+} sont calculés selon la formule ci-dessous et les résultats sont exprimés en milligramme Equivalent Trolox par 100 g d'Echantillon (mg ET/100 g d'Ech).

$$\text{PI \%} = [(\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Extrait}}) / \text{Abs}_{\text{Contrôle}}] \times 100$$

Abs_{Contrôle}: Absorbance du témoin après 30 min à 517 nm;

Abs_{Extrait}: Absorbance de l'extrait après 30 min à 517 nm.

II.7. Analyses sensorielles de la confiture

L'évaluation sensorielle est une science multidisciplinaire essentielle dans toutes études alimentaires et s'applique dans divers domaines comme l'amélioration des produits, le contrôle de la qualité, l'entreposage et le développement des processus. Elle est

considérée comme une approche indispensable à l'évaluation de la qualité d'un produit alimentaire (Watts *et al.*, 1991).

L'analyse sensorielle fait appel à des dégustateurs en faisant intervenir les organes des sens qui sont regroupés en cinq modalités: la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de produits alimentaires ainsi que de nombreux autres produits, c'est pour cela que la réaction humaine ne peut être remplacé ni reproduite par un autre instrument (Watts *et al.*, 1991).

II.7.1. Objectif d'une analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle implique la mesure et l'évaluation des propriétés sensorielles des produits alimentaires et d'autres matériaux. Elle implique également l'analyse et l'interprétation des résultats par le professionnel sensoriel (Stone *et al.*, 2012). L'objectif visé dans ces analyses est de déterminer les facteurs d'appréciation, les propriétés du produit et de leurs valeurs gustatives. Au cours de ce test sensoriel de la confiture de grenade, nous nous sommes intéressés à l'aspect visuel, olfactif et les sensations en bouche perçues lors de la consommation du produit à savoir: aspect, texture, couleur, goût, odeur et taux de sucre (Depledt, 2002).

II.7.2. Les propriétés sensorielles étudiées

Les propriétés sensorielles sont perçues quand nos organes sensoriels interagissent avec les stimuli du monde qui nous entoure (Kemp *et al.*, 2011). La qualité hédonique de la confiture de grenade est jugée selon les propriétés organoleptiques suivantes:

➤ Aspect ou l'apparence

C'est l'ensemble des propriétés visibles d'une substance ou d'un objet (ISO 5492, 1992). D'après Clarck *et al.*, (2009), l'aspect se réfère à beaucoup plus qu'à la couleur; c'est l'identification et l'évaluation des propriétés (structure, opacité, couleur extérieures).

➤ Couleur

La couleur est définie dans un espace à trois dimensions: la teinte (rouge, bleu, vert, jaune, rose, etc.), la luminosité (clair-foncé) et la saturation (couleur vive ou plutôt

terne, grisâtre) (Bauer *et al.*, 2010). La couleur d'un aliment peut être due aux constituants de ce dernier donc naturelle (pigments naturels tel que les carotènes, la chlorophylle,...), ou à des colorants alimentaires autorisés additionnés (Jellinek, 1985).

➤ **Texture**

Selon Bauer *et al.* (2010), la norme ISO 5492 définit la texture comme « l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit perceptibles par les mécanismes récepteurs, les récepteurs tactiles et éventuellement par les récepteurs visuels et auditifs ». C'est l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit (ISO 5492,1992). Les sensations qui se manifestent lors de cette perception sont celles du toucher et de la kinesthésie. Elles sont perçues d'abord par l'intermédiaire de la main et en second lieu dans la bouche (Dupin *et al.*, 1992).

➤ **Gout ou saveur**

Il correspond à la sensation perçue par l'organe gustatif lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles (AFNOR, 1992).

Les saveurs (ou les goûts) sont perçues par l'organe gustatif (les papilles de la langue) lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles. Il s'agit des sensations salées, sucrées, acides et amères (Delacharlerie *et al.*, 2008).

➤ **Odeur**

Ces propriétés sont perceptibles par l'organe olfactif : l'odeur en « flairant » certaines substances volatiles, l'arôme par voie retro-nasale lors de la dégustation (AFNOR, 1992). Les conditions pré-requises pour les dégustateurs (testeurs) volontaires sont les suivantes:

- 1- Des personnes en bonne santé (pas de rhume, pas de traitement médical permanent).
- 2- Ne pas utiliser de produits cosmétiques à forte odeur.
- 3- Ne pas fumer au moins une à deux heures avant le test.
- 4- Ne pas être trop rassasié ni affamé avant le test.
- 5- Etre calme, concentré et intéressé.

II.7.3. Présentation des échantillons et déroulement de l'épreuve

Les deux formulations de confitures différentes ont été préparées à différents taux de sucre.

Pour les jurys, une quantité de chaque échantillon de confiture est mise dans un Gobelet où le numéro des échantillons est mentionné (pot 1 et pot 2). Dans deux autres Gobelets, l'un est réservé à l'eau pour rincer à chaque dégustation en passant du pot 1 vers le pot 2 et vis versa. Cette procédure visant à présenter les échantillons de façon neutre et garder l'anonymat s'appelle également « masquage ». Il est à rappeler que la température des échantillons au moment de test devrait correspondre à la température de leur consommation habituelle (Buchecker, 2008).

II.7.4. Réalisation d'un panel de dégustation de confiture de la grenade

Nous avons réalisé le test de dégustation au niveau de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Le groupe de panelistes est constitué de cinquante deux personnes entre enseignants et étudiants de l'université dont la tranche d'âge est entre 22 et 58 ans. Les dégustateurs sont appelés à évaluer les confitures préparées par rapport à leur aspect, couleur, texture, goût, odeur et sucre. Chaque paramètre testé est évalué par une note dans un questionnaire d'analyse sensorielle (Annexe IV).

II.7.5. Recueil des résultats

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

II.8. Analyse microbiologique de la confiture

Le contrôle microbiologique de la confiture de grenade est effectué au niveau du laboratoire de bactériologie de L'EPSP Larbaa Nath Irathen, et selon les directives générales de normes française pour le dénombrement des micro-organismes (NF 4833, 1991). Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que la confiture préparée présente une qualité hygiénique et commerciale supérieure. Le tableau suivant résume l'ensemble de germes recherchés et dénombrés (Annexe V).

Tableau VII: Analyse microbiologique

Germes recherchés	Milieus utilisés	Température d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes totaux	BCPL	37	48 h
Coliformes fécaux	Shubert	44	24 h
<i>Staphylococcus aureus</i>	Chapman	37	24 h
Salmonelles	Hektoen	37	72h
Clostridium	Gélose VF	37	24h
Levures et moisissures	Sabouraud	20	3 à 5 jours

II. 9. Analyse statistique

Une analyse descriptive des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2010, afin de déterminer les moyennes, les écarts types et les pourcentages. Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour la comparaison des résultats, l'analyse de la variance, ANOVA (STATISTICA 5.5) est utilisée et le degré de signification de données est pris à la probabilité $p < 0,05$.

Résultats
et
Discussion

III.1. Caractéristiques physiques du fruit

Les résultats de la mesure des caractéristiques physiques du fruit de grenade sont récapitulés dans le Tableau VIII.

Tableau VIII: Caractéristiques physiques de la grenade.

Paramètres	Valeurs moyennes
Couleur	Rouge/Jaune
Consistance	Dure
Poids du produit entier (g)	517 ± 52,44
Largueur (Cm)	10,5 ± 0,82
Hauteur (Cm)	10,64 ± 1,31

III.2. Paramètres physico-chimiques

Il est à signaler qu'il n'existe pas de travaux scientifiques dans la littérature à propos de la confiture de grenade; la comparaison de nos résultats pour les deux formulations de confiture élaborées est faite par rapport à d'autres confitures produites à base d'autres fruits. Le Tableau IX résume les propriétés physico-chimiques de la confiture de grenade d'après les analyses effectuées.

Tableau IX: Résultats des paramètres physico-chimiques.

Echantillon	Confiture 1	Confiture 2
pH	3,21 ± 0,06 ^a	3,84 ± 0,01 ^b
Humidité (%)	14,00 ± 1,80 ^b	10,07 ± 1,45 ^a
Matière sèche (%)	86,00 ± 1,80 ^a	89,93 ± 1,45 ^b
Acidité (%)	2,04 ± 0,03 ^b	1,31 ± 0,06 ^a
Cendres (%)	1,23 ± 0,53 ^b	0,64 ± 0,07 ^a
Matière organique (%)	98,77 ± 0,53 ^a	99,36 ± 0,07 ^b
Sucres totaux (%)	30,25 ± 2,19 ^a	51,29 ± 0,01 ^b
Sucres réducteurs (%)	18,98 ± 1,52 ^a	19,65 ± 0,90 ^a
Brix (%)	62,00 ± 0,00 ^a	70,00 ± 0,00 ^b
BNE (Abs à 420 nm)	0,143 ± 0,003 ^a	0,219 ± 0,004 ^b
Indice de couleur (Abs à 420 nm)	0,667 ± 0,003 ^b	0,483 ± 0,002 ^a
Conductivité (µs)	1,06 ± 0,01 ^b	0,76 ± 0,01 ^a
Viscosité (Pas.s)	31,43 ± 0,45 ^a	76,52 ± 0,00 ^b
Pectines	Présence	Présence

- Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais ± l'écart types.
 - Des lettres différentes dans la même ligne indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a < b$.
- Confiture 1:** 250 g de sucre ; **Confiture 2:** 500g de sucre.

III.2.1. Le pH

Selon Derrardja (2014), un pH modéré est essentiel pour empêcher la détérioration de la confiture, en défavorisant la prolifération des bactéries, des levures et des moisissures. De même, la formation de gel se produit seulement dans une certaine plage de concentration en ions hydrogène. La plage de pH optimale pour une bonne gélification de la confiture est autour de 3,0. La force de gel diminue rapidement avec l'accroissement de la valeur du pH. La valeur pH d'un aliment est liée directement aux ions hydrogène libres dans cette nourriture. Le pH de la confiture est facteur important pour obtenir une condition de gel optimal.

Les valeurs de pH obtenues pour les deux confitures de grenade élaborées sont dans les normes et significativement différentes ($p < 0,05$) (Tableau IX). Elles sont respectivement 3,21 et 3,84 pour la formulation 1 et 2. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Tariq Kamal *et al.* (2015) qui ont noté que la valeur du pH de la confiture d'abricot et orange est de l'ordre de 3,69. De même, ces valeurs sont proches à celles enregistrées sur d'autres confitures telles que: la confiture d'abricot (CAB): 2,8 à 3,5 (Himed, 2013), la confiture de jamblan: 3,70 et 3,68 (LagoVanzela *et al.*, 2011), la confiture de pulpe de banane: 3,41 et 3,08 (Ronielli *et al.*, 2014), la confiture de pomme 3,75 (Hussain et shakir, 2010), la confiture de Goyave 3,64 (Kanwal *et al.*, 2016) et la confiture d'abricot industrielle 3,54 (Touati *et al.*, 2014). Cependant, le pH de la confiture de grenade est plus faible que celui de la confiture de melon avec une valeur de 4,1 (Benmeziane *et al.*, 2018) et du fruit d'*Opuntia ficus indica* 5,54 (Temagoult, 2017).

Le pH est un critère principal dans la fabrication de la confiture, les normes internationales exigent un pH relativement acide à la fin du procédé (confiture finale). La norme imposée du pH se situe dans la plage de 2,8 à 3,5 (CODEX STAN 79-1981). Dans ce même sens, Vibhakara et Bawa (2006) a signalé le pH de leur confiture faite à base de cocktail de fruit, qui est dans les plages de (2,9 à 3,5 et 2,7 à 3,7), respectivement. Cette diminution du pH dans les confitures est probablement le résultat d'une réaction entre les acides organiques avec les sucres réducteurs (Lozano, 2006). En effet, en plus de l'acidité propre à la matière première, c'est la quantité d'acide citrique ajoutée pendant la préparation qui est responsable de l'acidité de la confiture finale (Vibhakara et Bawa, 2006).

III.2.2. La teneur en eau

La teneur en eau a une grande importance pour les propriétés technologiques, microbiologiques et nutritives des produits agroalimentaires et concerne également des aspects réglementaires et économiques. Ainsi, la détermination de la teneur en eau est une des analyses les plus fréquentes dans le domaine agroalimentaire (Isengard, 1995).

La préservation de la composition chimique de la cellule est réalisée en éliminant l'eau des fruits par une évaporation (Tomas-Barbera et Espin, 2001). Les résultats obtenus montrent des différences significatives ($p < 0,05$) entre les teneurs en eau des deux échantillons. Le taux d'humidité de la confiture à 250 g de sucre est de $14,00 \pm 1,80$ % et celle de 500 g de sucre est de $10,07 \pm 1,45$ % (Tableau IX). Ceci est dû à l'évaporation de l'eau contenu dans le fruit lors de la cuisson de la confiture, sachant que le taux d'humidité diminue avec l'augmentation de température de cuisson et il est également peut être dû à une augmentation de sucre, qui se lie à l'eau qui va entraîner une diminution d'eau (Apfelbaum *et al.*, 2004).

En outre, les taux d'humidité enregistrés pour la confiture de grenade sont inférieurs à celle rapportée par (Benmeziane *et al.*, 2018) pour la confiture de melon qui est de l'ordre de 24,20%. Mais selon Apfelbaum *et al.* (2004), la confiture décrétee par la législation (Codex Alimentarius, 2009) ne doit pas dépasser les 30%; on déduit que les confitures de grenade élaborées sont conformes à cette norme.

III.2.3. La matière sèche

Un autre aspect important est le fait que le contenu en composants ou ingrédients est normalement donné en rapport avec la matière sèche, ce qui rend nécessaire la détermination correcte de la teneur en eau (Isengard., 1995).

D'après les résultats obtenus, le taux de matière sèche $86,00 \pm 1,80$ % (confiture 1) et $89,93 \pm 1,45$ % (confiture 2), est très élevé vu que les teneurs en eau est de $14,00 \pm 1,80$ % et $10,7 \pm 1,45$ % respectivement qui sont faibles (Tableau IX). Les taux de matière sèche de la confiture de grenade sont supérieurs au taux enregistré pour la confiture de melon qui est estimé à 75,80 % (Benmeziane *et al.*, 2018). Selon la législation française (Décret n° 85-872 du 14 août 1985), le taux de matière sèche des confitures doit être égal ou supérieure à 55 %.

III.2.4. L'acidité titrable

L'acidité titrable est une mesure de la concentration totale d'acide, exprimée en mg d'équivalent acide citrique par 100 g de confiture. D'après l'étude statistique, les confitures élaborées présentent des acidités significativement différentes à $p < 0,05$ (Tableau IX) qui sont peut-être dues à la présence d'acide citrique dans le citron additionné lors de la préparation.

Les acidités enregistrées pour les confitures 1 et 2 sont de l'ordre de $2,04 \pm 0,03$ % et de $1,31 \pm 0,06$ %, respectivement. Ces taux sont légèrement semblables à la valeur de l'acidité de la confiture préparée à base d'un mélange de pulpe de banane et d'araçà-boi qui est de l'ordre de 1,07 à 1,94 mg/100 g (Ronielli *et al.*, 2014). Les confitures analysées montrent que leur acidité est légèrement inférieure à celle du melon 2,97 % (Benmeziiane *et al.*, 2018). Cependant, elles sont moins acides par rapport à la confiture de "chadèque" analysée par Monrose (2009) avec une acidité comprise entre 16,82 et 17,8 mg/100 g.

En revanche, plusieurs auteurs ont rapporté des valeurs d'acidité inférieures à celles enregistrées dans la présente étude. Safdar *et al.*, (2012) dans la confiture de mangue (0,71%), Touati *et al.*, (2014) dans la confiture industrielle (orange/abricot) (0,70%), Shakir *et al.*, (2007) pour différents traitements de fruits mélangés à la pomme et poire (0,63%), Aslanova *et al.*, (2010) dans la confiture d'abricot (0,441), Kanwal *et al.*, (2016) dans la confiture du Goyave (0,652). Ces différences enregistrées dans le taux d'acidité entre la confiture étudiée par rapport aux résultats rapportés peuvent être dues à la différence dans le taux d'acide citrique présent dans le jus de citron additionné lors de la cuisson.

III.2.5. Le taux de cendres

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans l'échantillon. Selon le Tableau IX, la quantité de cendre est de l'ordre de $1,23 \pm 0,53$ % pour la confiture 1 et de $0,64 \pm 0,07$ % pour la confiture 2. La quantité de cendre notée dans la confiture contenant 250 g de sucre est proche de la valeur trouvée par Benmeziiane *et al.*, (2018) dans la confiture du melon qui est de l'ordre de 0,2 %, mais elle est inférieure à celle trouvée pour la confiture contenant 500 g de sucre.

En outre, les taux de cendres enregistrés dans la présente étude sont légèrement inférieures à celui rapporté par Ejiofor et Owuno (2013) pour la confiture du jacquier avec une teneur de 0,27 %; et supérieurs à la valeur rapportée par Mohd Naeem *et al.*, (2015) sur la confiture du raisin et de bleuets avec un contenu de 0,18 et 0,12 %, respectivement. En général, la faible teneur en cendres enregistrée indique que la confiture de la grenade analysée n'est pas une source riche en minéraux, ce qui confirme le résultat obtenu pour la conductivité.

III.2.6. La matière organique

Le taux de matière organique est de $98,77 \pm 0,53$ % et $99,36 \pm 0,07$ % pour les confitures 1 et 2, respectivement. Ces valeurs relativement élevées peuvent s'expliquer par la quantité de sucre rajoutée au cours de la préparation l'une à 250 g et l'autre à 500 g.

III.2.7. La teneur en sucres totaux et réducteurs

Les sucres sont aussi importants dans la conservation des aliments (produit frais); une haute teneur en sucre, empêche la prolifération microbienne et la détérioration des aliments, et prolonge également la durée de conservation. Les résultats obtenus dans ce travail montrent qu'il existe une différence significative dans les teneurs en sucres enregistrées. Le Tableau IX indique que les teneurs en sucres totaux sont de $30,25 \pm 2,19$ % (confiture 1) et de $51,29 \pm 0,01$ % (confiture 2), en sucres réducteurs de $18,98 \pm 1,52$ % (confiture 1) et $19,65 \pm 0,90$ % (confiture 2), qui sont légèrement proches des sucres non réducteurs. Dans les travaux réalisés par Benmezziane *et al.*, (2018), lors de l'élaboration de la confiture de melon, les résultats des sucres totaux sont supérieurs à ceux de la grenade d'une valeurs de 56,18 g/100 g, les sucres non réducteurs présentent une teneur de 29,29 g/100 g, qui est assez proche de celle des sucres réducteurs 26,89 g/100g, mais qui est faible par rapport à la confiture de grenade à 500 g de sucre, alors qu'elle est élevée par rapport à celle de 250 g de sucre.

Selon les résultats obtenus par Kanwal *et al.* (2016), le taux de sucres totaux est de 63,40 g/100g et celui des sucres réducteurs est de 50,85 g/100g, qui sont supérieurs aux valeurs enregistrées. Cependant, le taux des sucres non réducteurs qui est de l'ordre de

12,51 est inférieur aux résultats obtenus dans ce travail. Pour assurer cette fonction, la quantité de sucre doit être comprise entre 65 g et 70 g pour 100 g de produit (ou encore 65 à 70° Brix). Le sucre joue aussi un rôle organoleptique, quand il est cuit à différents stades (temps/température) contribue très largement à la saveur des fruits cuits, et au même temps il est considéré comme agent de masse; il apporte de la consistance et de la masse au produit et il favorise la gélification de la confiture (Pnns, 2007).

Dans les travaux d'Abdelazim *et al.* (2010) sur la confiture élaborée à base de trois variétés de mangue, la teneur en sucres totaux varie entre 57,14 et 68,80 %, Ronielli *et al.* (2014), quant à eux, ont rapporté des teneurs en sucres totaux de 50,71 et 60,86 % et de 39,02 à 50,89 % en sucre réducteurs, cette dernière est plus élevée par rapport aux résultats trouvés dans la présente étude. En effet, ces auteurs ont rapporté que les teneurs en sucres de produit fini est proportionnelle à sa teneur dans le fruit, au sucre ajouté et au traitement thermique que subit le produit dont l'acidité joue un rôle important avec la température dans l'hydrolyse des sucres.

III.2.8. Le degré Brix

Le degré Brix désigne le taux de matière sèche soluble (TTS). Selon Derardja, 2014, la concentration de la matière soluble doit être maintenue au niveau qui empêche la croissance des levures et moisissures (Temagoult, 2017). L'étude statistique révèle une différence significative ($p < 0,05$) entre les confitures analysées (Tableau IX). Le taux de °Brix élevé enregistré est dû au sucre rajouté pendant la préparation de la confiture. Selon Touati *et al.*, (2014), le TSS est principalement représenté par les sucres auxquels contribuent les acides et minéraux.

Le degré Brix de la confiture de grenade est de $62,00 \pm 0,00$ % pour l'échantillon à 250 g de sucre et de $70,00 \pm 0,00$ % pour l'échantillons à 500 g de sucre en accord avec le résultat retrouvé dans la confiture d'abricot/orange (Tariq Kamal *et al.*, 2015). Ces résultats sont également conformes à celui rapporté par le Codex Alimentarius (2009), soit la teneur en matières sèches solubles ou le degré Brix des confitures doit être dans tous les cas compris entre 60 à 65 % ou plus.

La valeur du degré Brix de la confiture du melon obtenue a révélé un taux élevé de 73,1° Brix (Benmeziane *et al.*, 2018). Des résultats identiques ont été trouvés par Lago-

vanzela *et al.* (2011) sur la gelée de Jambolane, Nachtigall et Zambiasi (2006) sur la gelée d'hibiscus (72° et 73° Brix), Kanwal *et al.* (2016) sur la confiture de Goyave (68.07 %) et Touati *et al.* (2014) pour la confiture industrielle d'abricot avec une valeur de 64,42 %

III.2.9. Le degré de brunissement non enzymatique (BNE)

Le degré de brunissement non enzymatique est une réaction des sucres de l'aliment avec des acides aminés et la chaleur lors du traitement thermique qu'on appelle aussi la réaction de Maillard.

Les résultats du brunissement non enzymatique de nos échantillons sont de l'ordre de $0,143 \pm 0,003$ et $0,219 \pm 0,004$ pour la confiture 1 et 2, respectivement (Tableau IX). Ces résultats sont inférieurs à celle obtenue dans la confiture du melon qui est de l'ordre de 0,61 (Benmeziane *et al.*, 2018). Le brunissement subit par la confiture due à la réaction de Maillard qui a eu lieu lors de la pasteurisation et la cuisson. En effet, le brunissement enzymatique est défavorisé par une diminution du pH et avec le traitement thermique. Toutefois, le BNE est favorisé par les traitements thermiques et il peut encore se produire à un pH faible de l'ordre de 4.0 (Besbes *et al.*, 2009). Un résultat similaire a été trouvé par Arkoub-Djermoune *et al.* (2015), ces auteurs ont rapporté que l'indice de BNE d'aubergine augmente après la cuisson avec des pourcentages de 48,89%, 66,18% et 76,76% dans l'aubergine grillée, frite et cuite, respectivement.

III.2.10. L'indice de couleur

La couleur de la confiture et la gelée est très importante car elle détermine dans le large mesure de la qualité organoleptique du produit fini (Temagoult., 2017).

Les résultats de l'indice de couleur obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (Tableau IX). Ils sont respectivement $0,667 \pm 0,003$ et $0,483 \pm 0,002$ pour la confiture 1 (250 g de sucre) et 2 (500 g de sucre). En effet, les sucres sont à l'origine du développement de la couleur brune de nombreux aliments cuits à travers la réaction de Maillard et la caramélisation, qui se décomposent sous l'effet de la chaleur en de nouvelles molécules qui donnent de la couleur aux produits tels que les sauces caramel, fruits et confiseries caramélisés (Anonyme, 2019). Les indices de couleur enregistrés pour les deux confitures élaborées sont inférieurs à ceux rapportés par Kanwal *et al.* (2016) et Touati *et*

al. (2014) ce qui peut s'expliquer par la différence de la méthode de préparation de la confiture et/ou par la méthode d'analyse.

III.2.11. La conductivité

Les minéraux responsables de la conductivité sont des substances essentielles dans le bon fonctionnement de l'organisme. La conductivité de la confiture de grenade est très faible. L'étude statistique a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les confitures analysées (Tableau IX). Elle est de l'ordre de $1,06 \pm 0,01 \mu\text{s}$ pour la confiture 1 et $0,76 \pm 0,01 \mu\text{s}$ pour la confiture 2. Ces valeurs sont largement inférieures à celle notée dans la confiture de melon avec une valeur de $445,228 \mu\text{s}$ (Benmeziane *et al.*, 2018) ce qui signifie que la confiture de grenade est un produit faiblement minéralisé, ce qui fait de cette dernière, un produit à faible conductivité.

III.2.12. La viscosité

Dans tous les fluides, les molécules font preuve de peu de mobilité entre elles. Ce processus est toujours combiné avec des forces de friction internes. Ainsi que pour tous les fluides en mouvements, une certaines résistances à l'écoulement existe. Elle peut être englobée par le terme viscosité. Toutes les substances faisant preuve d'un comportement d'écoulement sont appelés fluides (donc liquides et gazeux). Il est représenté par le Symbole = η ; Unité = Pa.s (Pascal. seconde). (Mezger, 2014). La viscosité est un paramètre très important pour les fluides, il est proportionnel à la température, au degré Brix et à la teneur en pectine (Mezger, 2014).

La viscosité de la confiture de grenade est de l'ordre de $31,43 \pm 0,45 \text{ Pas.Sec}$ (confiture 1) et $76,52 \pm 0,00 \text{ Pas.Sec}$ (confiture 2) qui sont des valeurs très significatives à $p < 0,05$ (Tableau IX). Les valeurs enregistrées pour les confitures de grenade sont très élevées par rapport à celle obtenue pour la confiture de melon qui est $0,78 \text{ Pas.s}$ (Benmeziane *et al.*, 2018). Ces résultats sont dus aux nombreux facteurs tels que le pH, le sucre et les pectines qui sont responsables de la formation d'un gel dur qui affecte les propriétés rhéologiques de la confiture (Jaiswal *et al.*, 2015). Selon Jaiswel *et al.* (2015), la viscosité obtenue est de $50,03 \text{ Pas.s}$ qui est supérieure à celle enregistrée pour la confiture 1, mais inférieure à celle notée pour la confiture 2. Ces différences peuvent

s'expliquer principalement par la nature du fruit utilisé et ses propriétés physico-chimiques.

III.2.13. La pectine

La pectine est un polysaccharide non digestible entrant dans la catégorie des fibres alimentaire. Les pectines hautement méthylées (HM) formes des gels en présences de sucres et en milieux acides. Une application comme depuis longtemps de ce type de pectines réside dans la formation des confitures. Mis appart le degré de méthylation, la concentration en sucre ou acide, la présence de chaines latérales et la température jouent un rôle important dans la consistance du gel (Srivastava et Malviya, 2011).

La pectine qui est un gélifiant naturel qu'on trouve généralement en grande quantité dans les agrumes (fruits). Dans les deux échantillons on a constaté la présence de la pectine (Tableau IX); cela se traduit par la formation d'un dépôt granuleux au dessus de la surface liquide et sur les parois du tube.

III.3. Les antioxydants

III.3.1. La vitamine C

L'acide ascorbique est largement utilisé dans les industries alimentaires comme ingrédient ou additif à propriétés antioxydantes. Il a plusieurs rôles: il inhibe le brunissement enzymatique par la réduction des o-quinones et protège certains composants oxydables comme le folates. En outre, il est connu par ses effets anti-radicalaire et réducteur des métaux de transition (Willcox *et al.*, 2003). L'acide ascorbique a des propriétés antioxydantes et métaboliques importantes aussi bien chez les végétaux que chez les animaux. C'est un excellent piègeur des radicaux libres et peut protéger divers substrats biologiques (protéines, acides gras, ADN) de l'oxydation par une neutralisation des espèces réactives de l'oxygène (Jacob *et al.*, 2000).

Les teneurs en acide ascorbique des échantillons de confiture varient significativement à $p < 0,05$. Elles sont de l'ordre de $20,87 \pm 0,01$ mg EAA/100g et $16,44 \pm 0,039$ pour la confiture 1 et la confiture 2, respectivement (Figure 17). Ces différences peuvent être attribuées à l'effet du traitement thermique lors de la cuisson. Plusieurs études

ont montré que la cuisson entraîne des pertes en vitamine C, et le taux de destruction dépend considérablement du mode de cuisson et de la composition du produit (Arkoub-Djermoune *et al.*, 2015; Das *et al.*, 2011).

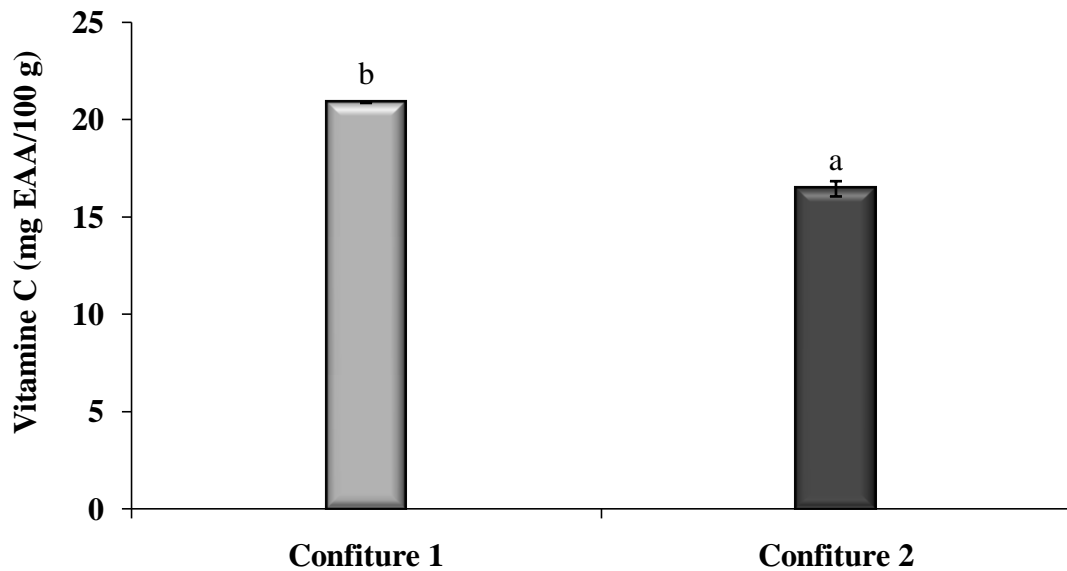


Figure 17: Teneurs en vitamine C de la confiture de grenade.

- Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais \pm l'écart types.
 - Des lettres différentes dans la même ligne indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a < b$.
- Confiture 1:** 250 g de sucre ; **Confiture 2:** 500g de sucre.

Une teneur similaire à celle de la confiture 2 a été enregistrée par Hussain et Shakir (2010), pour la confiture de pomme-abricot avec une valeur de 16,4 mg/100g. De plus, La teneur de la confiture de grenade enregistrée est largement supérieure à celle de la confiture de fraise analysée par Poiana *et al.* (2012) avec une teneur de 5,3 mg/100 g et moins élevée que la confiture d'orange analysée par Djaoudene (2005) avec des teneurs comprises entre 29 et 31,4 mg/100 g. En outre, Jawaheer *et al.* (2003) a noté dans la confiture de goyave une teneur légèrement inférieure aux confitures élaborées avec une valeur de 14,6 mg /100 g . Ces différences dues probablement aux teneurs en acide ascorbique des fruits étudiés car la teneur en vitamine C varie selon le type et les variétés de fruit utilisées. Il a été également démontré que la teneur en acide ascorbique contenu

dans les confitures diminue de manière significative au cours de la fabrication et stockage de la confiture (Suutarinen *et al.*, 2002).

III.3.2. Les composés phénoliques

La teneur en polyphénols a été estimée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu. C'est l'une des méthodes les plus anciennes conçue pour déterminer la teneur en polyphénols, des plantes médicinales et des nourritures. L'acide gallique est le standard le plus souvent employé dans la méthode de Folin-Ciocalteu (Maisuthisakul *et al.*, 2008).

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent qu'aucune différence significative ($p < 0,05$) n'a été enregistrée entre les deux formulations analysées (Figure 18).

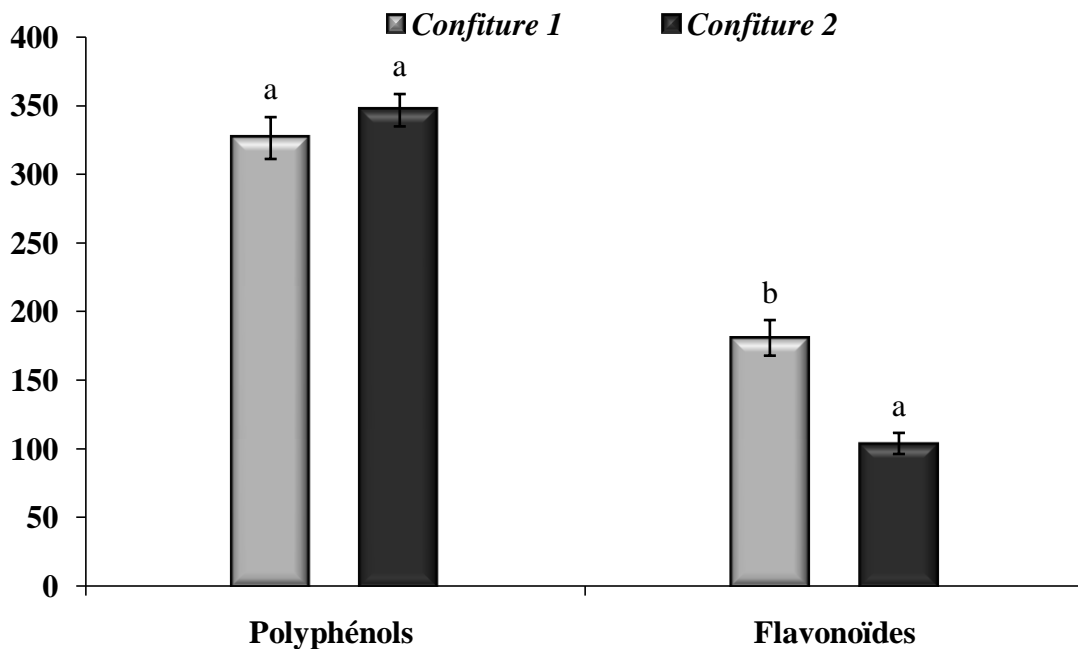


Figure 18: Teneurs en polyphénols et flavonoïdes de la confiture de grenade.

- Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais \pm l'écart types.
- Des lettres différentes dans la même ligne indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a < b$.

Confiture 1: 250 g de sucre ; **Confiture 2:** 500g de sucre.

Les teneurs en polyphénols sont exprimées en mg EAG/100 g d'Ech.

Les teneurs en flavonoïdes sont exprimées en mg EC/100 g d'Ech.

Les teneurs en polyphénols enregistrées pour la confiture 1 et la confiture 2 sont respectivement: $326,42 \pm 15,24$ mg EAG/100 g d'Ech et de $346,68 \pm 11,80$ mg EAG/100 g d'Ech. Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Hebbache *et al.*, (2013) et Meenaks *et al.* (2014) concernant la confiture de fraise et d'argousier (Sabri) avec des taux respectifs 193,59 mg EAG/100 g et 226.8 mg EAG/100 g. Cependant, le taux de polyphénols dans la confiture de grenade est remarquablement élevé à celui rapporté par Meenaks *et al.* (2014) pour la confiture de figue (60,43 mg EAG/100 g).

La différence constatée dans la teneur en polyphénols est probablement attribuée à la différence entre les échantillons de fruits distincts qui est en relation avec le type ou la variété du fruit, de son origine et sa maturité. En plus, le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement selon plusieurs facteurs: facteurs climatiques et environnementaux (la zone géographique, sécheresse, sol, agression et maladie ...etc) (Ebrahimi *et al.*, 2008), le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas *et al.*.,2004).

III.3.3. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les composés les plus étudiés (Hidlago *et al.*, 2009). Ils sont capables de moduler l'activité de certaines enzymes et de modifier le comportement de plusieurs systèmes cellulaires, suggérant qu'ils pourraient exercer des activités biologiques, notamment des propriétés antioxydantes, vasculo-protectrices, anti-inflammatoires, antiulcéreuses et même anticancéreuses (Ghedira, 2005).

Les concentrations de flavonoïdes dans les extraits de confiture de grenade varient significativement à $p < 0,05$; la valeur notée pour la confiture 1 est supérieure à celle enregistrée pour la confiture 2 ($180,83 \pm 12,96$ et $103,39 \pm 7,70$ mg EC/100 g d'Ech) (Figure 18). Selon Arkoub-Djermoune *et al.* (2015), cette différence est probablement due à une dégradation thermique de ces composés. Ces résultats sont approximativement proches à ceux rapportés par Igual *et al.* (2013) qui ont obtenu des teneurs comprises entre 120 et 141 mg EQ/100g pour la confiture de pamplemousse.

La teneur en flavonoïdes de la confiture de grenade est largement supérieure à celle de la confiture du melon étudiée par Benmeziane *et al.* (2018) (8,62 mg EC/100 g). Les résultats obtenus par Danijela *et al.*, (2009) sur les confitures de fraise sont aussi plus faibles que ceux de la présente étude (0,70 - 0,75 mg EQ/100 g).

Plusieurs facteurs tels que la lumière, le stockage, les phénomènes de brunissements enzymatique et non-enzymatique sont responsables de la dégradation des

flavonoïdes (Del Caro *et al.*, 2004 ; Tsao *et al.*, 2006 ; Igual *et al.*, 2013) , ainsi que le traitement des fruits qui conduit à une diminution de la concentration des flavonoïdes (Tsao *et al.*, 2006).

III.3.4. Les flavonols

Les résultats illustrés dans la Figure 19 montre que la teneur en flavonol de la confiture 2 ($93,93 \pm 0,33$ mg EQ3G/100 g d'Ech) est supérieure à celle enregistrée pour la confiture 1 ($65,26 \pm 0,13$ mg EQ3G/100 g d'Ech). Ces résultats sont largement inférieurs à ceux enregistrés pour les confitures d'abricot (Sabri) et de fraise (Sabri) avec des valeurs de l'ordre de $2,36 \pm 0,17$ et $2,50 \pm 0,13$ mg EQ/100 g (Hebbache *et al.*, 2015). Ces différences enregistrées dans les teneurs en flavonols peuvent être dues à la différence de la matière première utilisée (fruit) et/ou aux différences dans les conditions de préparation, de stockage et de température.

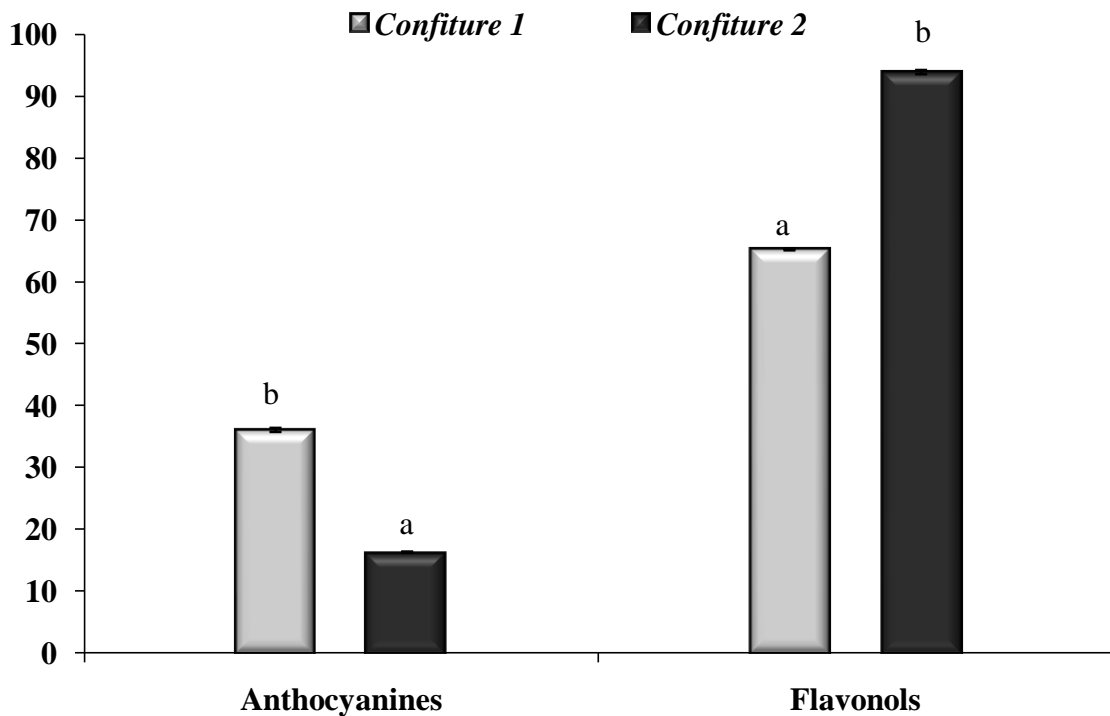


Figure 19: Teneurs en flavonols et anthocyanines de la confiture de grenade.

Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais \pm l'écart types.

*Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a < b$. **Confiture 1:** 250 g de sucre ; **Confiture 2:** 500g de sucre.*

Les teneurs en flavonol et anthocyanines sont exprimées en mg EQ3G/100 g d'Ech.

III.3.5. Les anthocyanines

D'une façon similaire aux teneurs en flavonols, les teneurs en anthocyanines des confitures de grenade analysées sont significativement différentes ($p < 0,05$) (Figure 19). Le taux d'anthocyanines enregistré pour la confiture 1 est de l'ordre de $36,08 \pm 0,32$ mg EQ3G/100 g d'Ech) qui est deux fois plus élevé à celui noté pour la confiture 2 ($16,30 \pm 0,09$ mg EQ3G/100 g d'Ech). Ces résultats sont identiques à ceux rapporté par Cam *et al.* (2009) qui ont enregistré une concentration de l'ordre de 36 mg /100 mL dans le jus de grenade. En outre, Kulkarni et Aradhya (2005) ont noté une concentration de 138 mg/100g de graines qui est largement supérieure à celle obtenue dans la présente étude car les teneurs en anthocyanines varient selon les variétés, les conditions de cultures, le stade de maturité, les conditions de stockage et la méthode de dosage (Gil *et al.*, 2000; çam *et al.*,2009).

III.3.6. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont l'un des plus importants groupe de pigments naturels, en raison de leur large distribution. L'augmentation de la consommation de ces composés a été liée à la diminution du risque de développement des maladies cardiovasculaires et des cancers (Plaza *et al.*, 2011). Les teneurs en caroténoïdes des échantillons de confiture analysées varient significativement ($p < 0,05$), elles sont de l'ordre de $71,81 \pm 2,36$ et $33,40 \pm 0,00$ mg E β C /100 g d'Ech pour les confitures 1 et 2, respectivement (Figure 20). La différence significative enregistrée entre les deux formulations peut être due à la différence dans le degré d'altération des caroténoïdes lors du traitement thermique (cuisson) et/ou aux conditions de stockage.

Les résultats de la présente étude sont largement supérieurs à ceux obtenus par Igual *et al.* (2013) et Benmeziane *et al.*, (2018) pour les confitures de pamplemousse et de melon avec des taux respectifs de 2,05 mg/100 g et 1.44 mg EC/100 g. Les différences notés dans la teneur en caroténoïdes peuvent être dues soit, à la méthode d'extraction, à la nature des standards utilisés, à l'origine géographique de l'échantillon, ou alors au degré de maturité et des conditions de stockage Nicoli *et al.*, (1999).

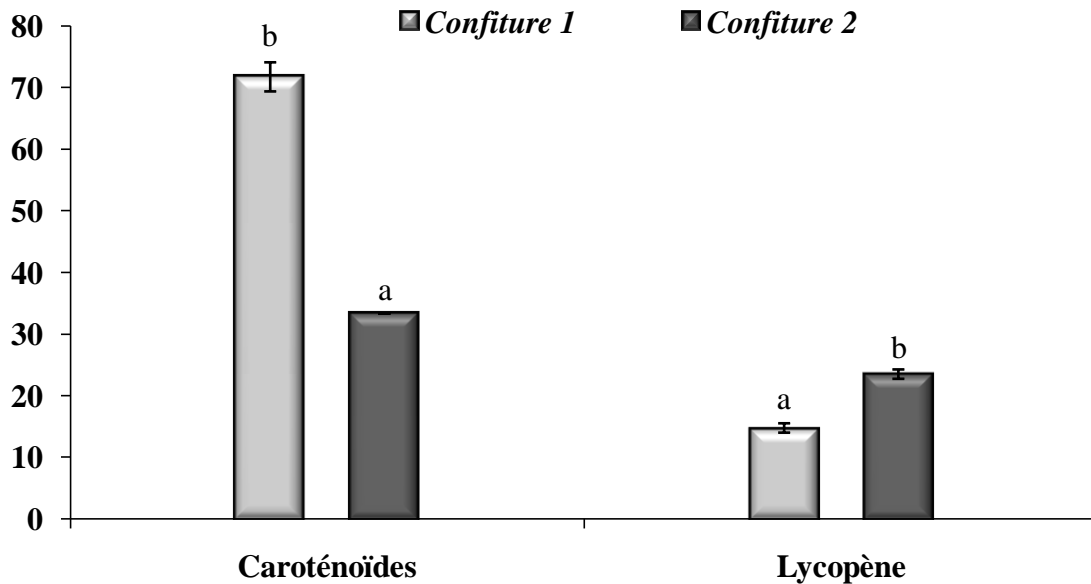


Figure 20: Teneurs en caroténoïdes et lycopène de la confiture de grenade.

Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais \pm l'écart types.

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a < b$. **Confiture 1:** 250 g de sucre ; **Confiture 2:** 500g de sucre.

Les teneurs en caroténoïdes sont exprimées en mg EβC/100 g d'Ech.

Les teneurs en lycopène sont exprimées en mg EL/100 g d'Ech.

III.3.7. Le lycopène

Le lycopène est un piègeur efficace de l'oxygène singulet et des radicaux libres dans l'organisme (Woodall *et al.*, 1997). Les teneurs en pigment lycopène varient significativement ($p < 0,05$) entre les deux confitures élaborées (Figure 20). Le taux de lycopène noté pour la confiture 1 ($14,82 \pm 0,76$ mg EL/100 g d'Ech) est inférieur à celui enregistré pour la confiture 2 ($23,56 \pm 0,76$ mg EL/100 g d'Ech). Ces résultats sont largement supérieurs à la teneur enregistrée pour la confiture de melon avec une valeur de 0,93 mg EL/100g (Benmeziane *et al.*, 2018); contrairement à la confiture de tomate qui représente une valeur plus élevée de lycopène qui est de l'ordre de 75,64 mg/100 g selon Mile *et al.* (2012), Ces différences peuvent être expliquées par, la différence dans le fruit utilisé, dans la préparation de la confiture contenant des concentrations différentes, et également la sensibilité du lycopène à la dégradation oxydante en raison de sa structure polyénique fortement conjuguée.

La stabilité du lycopène dans les produits alimentaires dépend du profil de ses isomères, de la composition de la matrice végétale, de la température et du temps de traitement. Inversement, l'isomérisation thermique du lycopène est connue pour améliorer sa biodisponibilité à partir de matrice alimentaire (Mayeaux *et al.*, 2006).

III.4. L'activité antioxydante

III.4.1. L'inhibition du radical ABTS°

Le radical ABTS^{•+} est formé par arrachement d'un électron à un atome d'azote de l'ABTS. En présence de Trolox (ou d'antioxydant donneur de proton H⁺), l'atome d'azote concerné piège d'un proton (H⁺), conduisant à l'ABTS⁺, ce qui entraîne la décoloration de la solution (Lien *et al.*, 1999).

Dans notre travail nous avons étudié l'activité antioxydante des extraits de confiture de grenade. Les pourcentages d'inhibition du radical ABTS° sont exprimés en milligramme Equivalent Trolox par 100 gramme d'Echantillon (mg ET/100 g d'Ech). Les résultats sont exprimés aussi en terme d'IC₅₀ (Tableau X) qui représente la concentration de l'échantillon, qui inhibe 50 % du radical ABTS°, une IC₅₀ faible correspond à une capacité anti-radicalaire élevée.

La Figure 21, montre que l'activité anti-radicalaire de la confiture 1 (140,20±2,61 mg/ml) est supérieure à celle de la confiture 2 (278,04 ± 5,50 mg/mL). Ces résultats sont confirmés par l'évaluation de la IC₅₀ (Tableau X) qui est d'environ 140,20 ± 2,61 mg/mL pour la confiture 1 comparativement à la confiture 2 avec une valeur de l'ordre de 278,04 ± 5,50 mg/mL.

Tableau X: Les IC₅₀ et CR_{0,5} des extraits de confiture de grenade.

	AA (ABTS)	AAT	PR
	IC₅₀ (mg/mL)	CR_{0,5} (mg/mL)	CR_{0,5} (mg/mL)
Confiture 1	140,20 ± 2,61 ^a	142,93 ± 0,31 ^b	360,01 ± 14,65 ^b
Confiture 2	278,04 ± 5,50 ^b	125,26 ± 0,33 ^a	157,56 ± 6,14 ^a

Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais ± l'écart types.

Des lettres différentes indiquent une différence significative (p<0,05). Les résultats sont classés par ordre décroissant; a<b. Confiture 1: 250 g de sucre ; Confiture 2: 500g de sucre.

AA (ABTS): *Activité Antiradicalaire contre le radical ABTS.*

AAT: *Activité Antioxydante Totale.*

PR: *Pouvoir Réducteur.*

L'activité anti-radicalaire des confitures de grenade élaborées est supérieure aux résultats trouvés par Hebbache (2013) ayant noté des valeurs qui oscillent entre $13,12 \pm 0,14$ et $114,15 \pm 2,2$ mg ET /100 g pour les confitures de fraise, de mûre, de figue et d'abricot industrielles. Ceci est essentiellement dû à leur composition chimique, particulièrement à leur teneur en composés phénoliques.

III.4.2. L'activité antioxydante totale

La Figure 21 montre qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre la confiture 1 et la confiture 2 et cette dernière présente l'activité antioxydante totale la plus élevée avec une valeur de l'ordre de $(125,26 \pm 0,33$ mg/mL). L'activité antioxydante totale est exprimée par la capacité réductrice "CR_{0,5}", qui correspond à la concentration des produits donnant une absorbance de 0,5, plus le CR_{0,5} est faible plus l'absorbance augmente et la capacité réductrice est importante. Ces résultats sont confirmés avec les valeurs de la CR_{0,5} $125,26 \pm 0,33$ mg/mL et $142,93 \pm 0,31$ mg/L pour les confitures 1 et 2, respectivement.

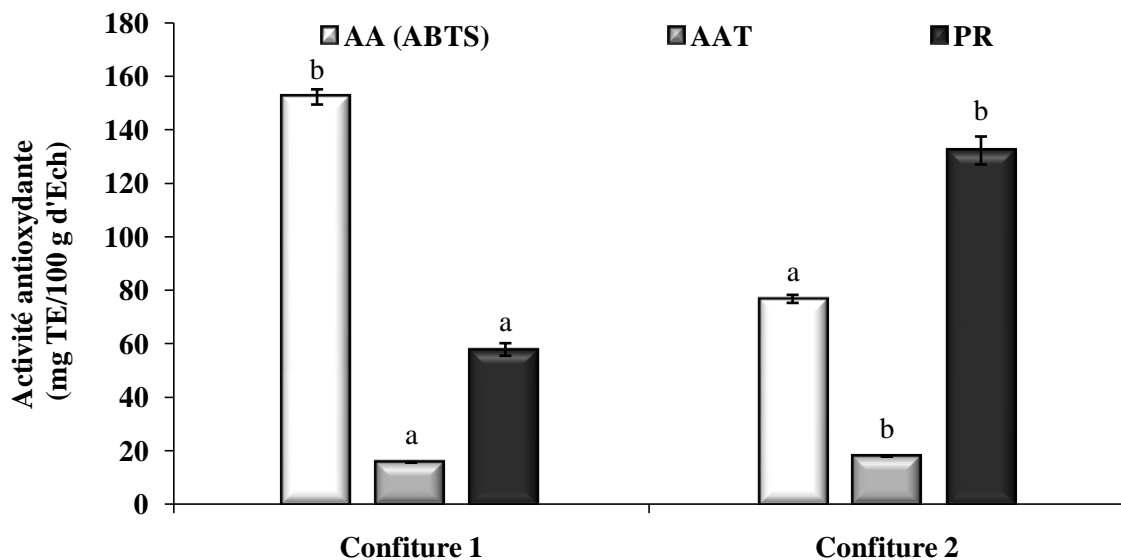


Figure 21: Activité antioxydante de la confiture de grenade.

Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais \pm l'écart types. Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a < b$. **Confiture 1:** 250 g de sucre ; **Confiture 2:** 500g de sucre.

AA (ABTS): Activité Antiradicalaire contre le radical ABTS.

AAT: Activité Antioxydante Totale.

PR: Pouvoir Réducteur.

Plusieurs études ont attribué la capacité réductrice à d'autres molécules autres que les composés phénoliques telles que l'acide ascorbique ou les caroténoïdes. Slusarczyk *et al.* (2009) et Jayaprakasha *et al.* (2008) ont montré que l'activité antioxydante peut être affectée par de nombreux facteurs entre autres la structure des composés phénoliques et les interactions synergiques avec divers antioxydants. En outre, elle peut également être affectée par la méthode d'analyse utilisée et les conditions d'extractions (Slusarczyk, 2009; Abrantes *et al.*, 2007).

III.4.3. Le pouvoir réducteur

Le test du pouvoir réducteur met en évidence la capacité d'une molécule à réduire un oxydant en lui cédant un électron, permettant ainsi de bien apprécier l'activité antioxydante de l'extrait testé. De nombreux auteurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (Huang *et al.*, 2002; Bourgou *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2009).

La Figure 21 montre que le pouvoir réducteur des confitures analysées sont significativement différent ($p < 0,05$) et la confiture préparée avec 500 g de sucre présente la meilleure activité ($157,56 \pm 6,14$ mg TE /100 g d'Ech). Les valeurs de $CR_{0,5}$ (exprimées en mg/mL) des différents extraits sont résumées dans le Tableau XIII. Sur la base de ces résultats, la confiture 2 présente la meilleure capacité de réduction des ions ferriques ($157,56 \pm 6,14$ mg/mL). Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Hebbache *et al.* (2013) sur la confiture de fraise sabri ($132,09$ mg EAG/100 g) et de mûre ($97,16 \pm 3,48$ mg EAG/100 g).

De même la confiture de grenade présente la capacité réductrice la plus élevée que celle de confiture d'orange analysée par Djoudane (2015) avec des pouvoirs réducteurs compris entre 12,7 et 19,5 mg EAG/100 g de confiture. Ceci peut s'expliquer par l'influence de plusieurs facteurs sur le pouvoir réducteur tels que la composition phénolique et le type des polyphénols (Estevinho *et al.*, 2008; Kùçùk *et al.* , 2007; Al-mamary *et al.*, 2002). Il est bien connu aussi que le type et la position des substituants phénoliques ont une influence considérable (Kùçùk *et al.*, 2007; Al-mamary *et al.*, 2002).

III.5. L'évaluation sensorielle

L'analyse sensorielle a pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits, de façon objective selon des critères bien définis ; l'aspect, la texture, la couleur,

le goût et le taux de sucre. Cette analyse a été réalisée à travers un test de dégustation des deux formulations de confiture de grenade par 52 individus. Les résultats d'analyse sensorielle des confitures préparées suivant les deux formulations ne présentent pas des différences significatives ($p < 0,05$) dans les scores obtenus à l'exception de la texture, le goût et le sucre (Figure 22).

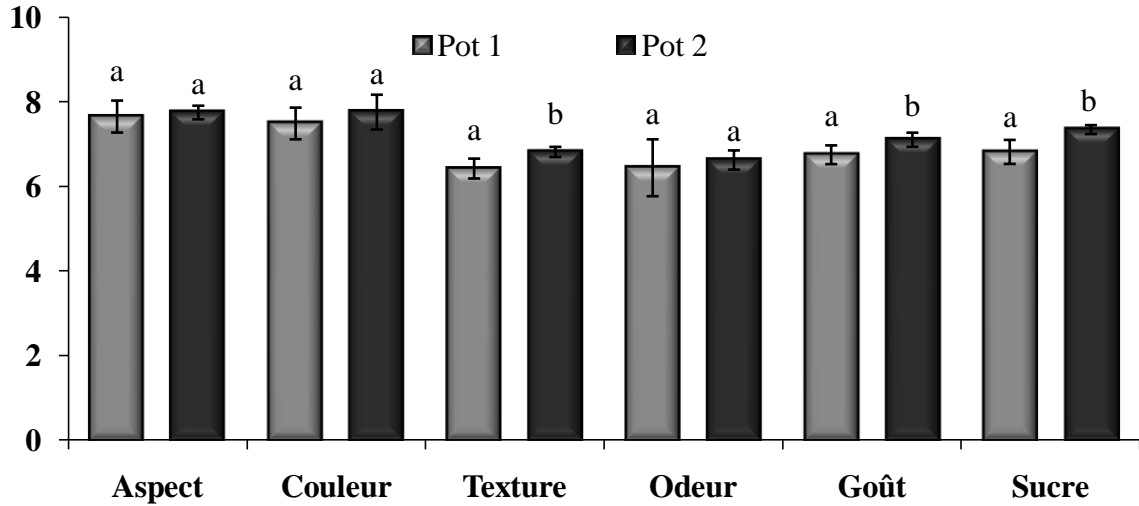


Figure 22: Attributs de la qualité sensorielle des confitures de grenade.

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a < b$. **Pot 1:** Confiture 1 (250 g); **Pot 2:** Confiture 2 (500 g).

➤ **L'aspect**

Selon l'évaluation sensorielle, les confitures élaborées présentent un aspect très lisse avec des taux respectifs de 63,45 % et 53,85 % pour la confiture 1 et 2 (Figure 23).

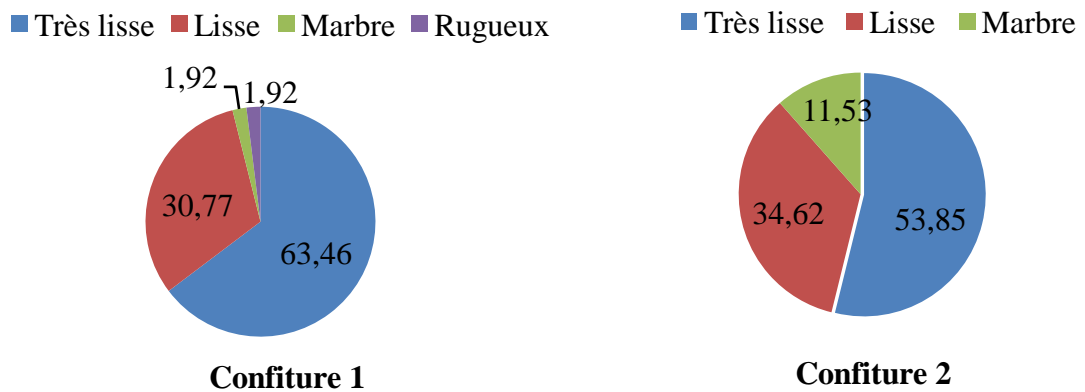


Figure 23: Les pourcentages du caractère prédominant pour l'aspect de la confiture.

➤ **La couleur**

La couleur des confitures élaborée est semblable, elle varie du rouge au brun. Cette variation est due particulièrement au brunissement non enzymatique (réaction de Maillard) favorisé par le traitement thermique lors de la préparation de la confiture. La Figure 24 montre que le caractère prédominant pour la confiture 1 était le caractère « Normale » avec un pourcentage de 50 %, tandis que pour la confiture 2 c'est le caractère « Agréable » qui l'a emporté avec un taux de 51,92 %.

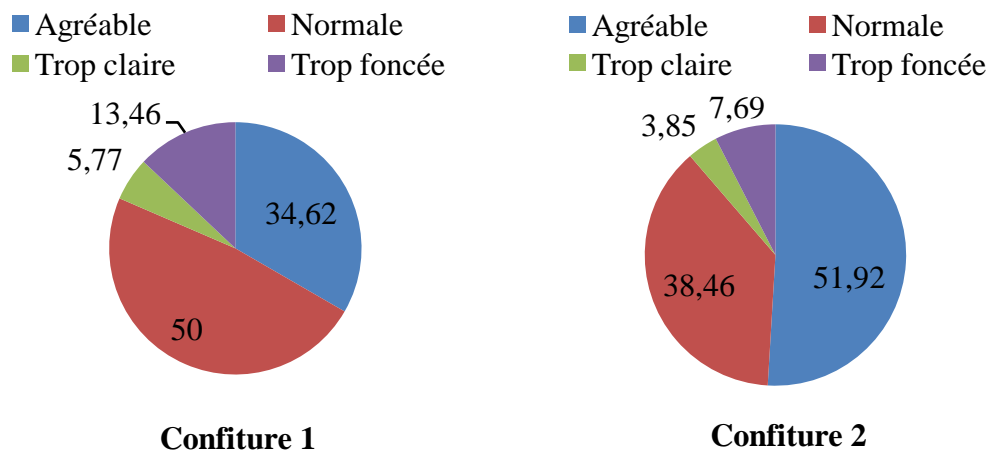


Figure 24: Les pourcentages du caractère prédominant pour la couleur de la confiture.

➤ **La texture**

La Figure 25 montre qu'il y'a une différence entre la texture des deux confitures confirmant que la confiture 2 présente une texture moins ferme et la plus collante que la confiture 1, ceci est particulièrement attribué à leurs teneur en sucre sachant que la confiture 2 contient plus de sucre que la confiture 1.

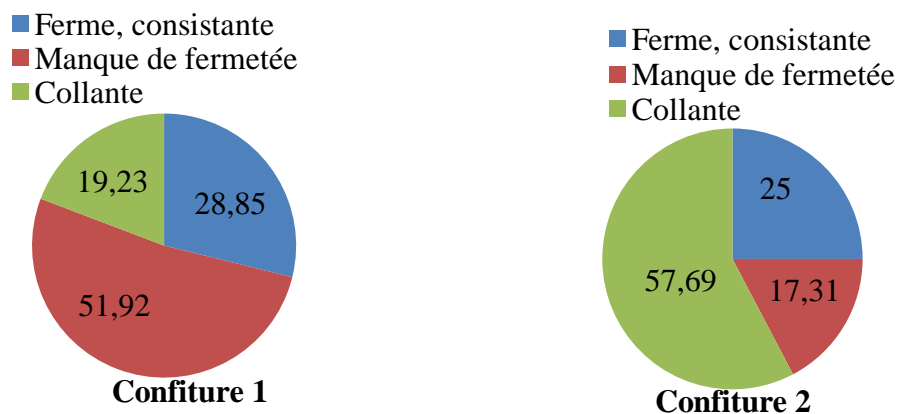


Figure 25: Les pourcentages du caractère prédominant pour la texture de la confiture.

➤ **L'odeur**

Les deux confitures présentent une odeur caractéristique de la grenade qui est notée par les dégustateurs par le caractère prédominant « Agréable » pour les deux confitures (Figure 26).

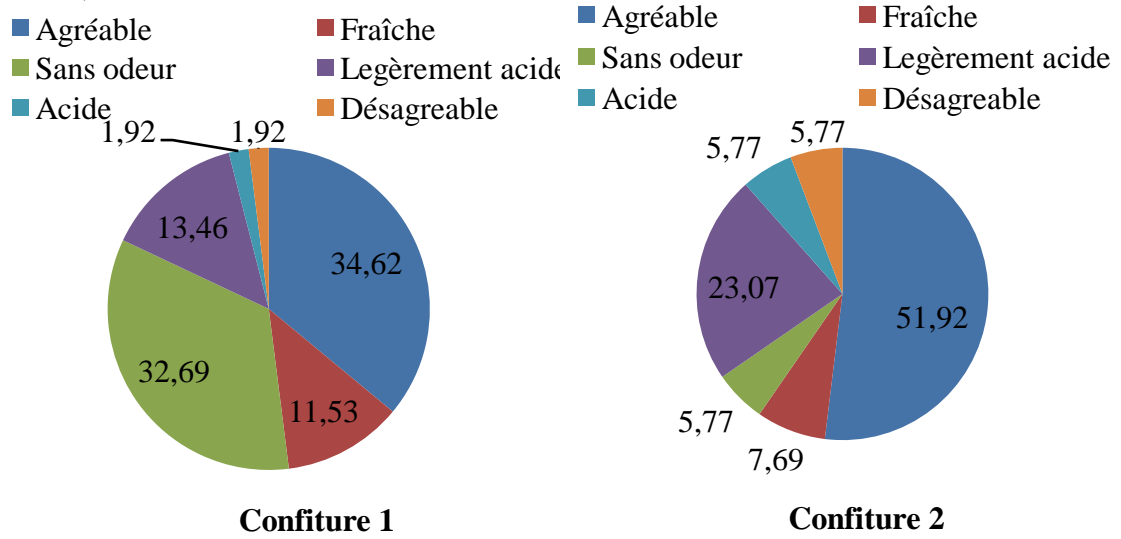


Figure 26: Les pourcentages du caractère prédominant pour l'odeur de la confiture.

➤ **Le taux de sucre**

Les dégustateurs ont apprécié les deux confitures élaborées avec un caractère « Teneur normale » en sucre avec des taux respectifs 50 % et 59,62 % pour la confiture 1 et 2 et ce caractère est noté en prédominance pour la confiture 2 (Figure 27).

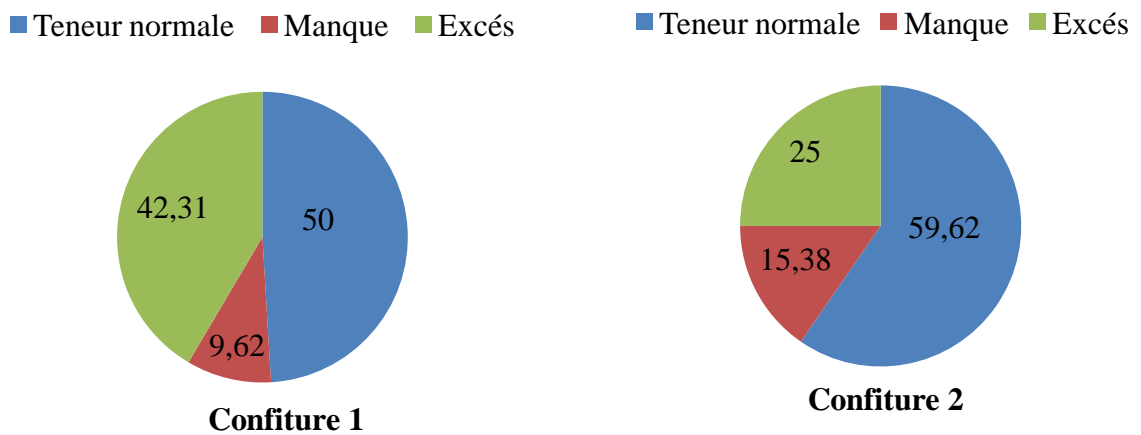


Figure 27: Les pourcentages du caractère prédominant pour le taux de sucre de la confiture.

➤ **Le goût**

D'une manière similaire au taux de sucre, le caractère goût sélectionné par les dégustateurs pour les deux confitures était: « Saveur agréable » avec un pourcentage prédominant pour la confiture 2 qui est de 48,07 % comparativement à la confiture 1 (Figure 28).

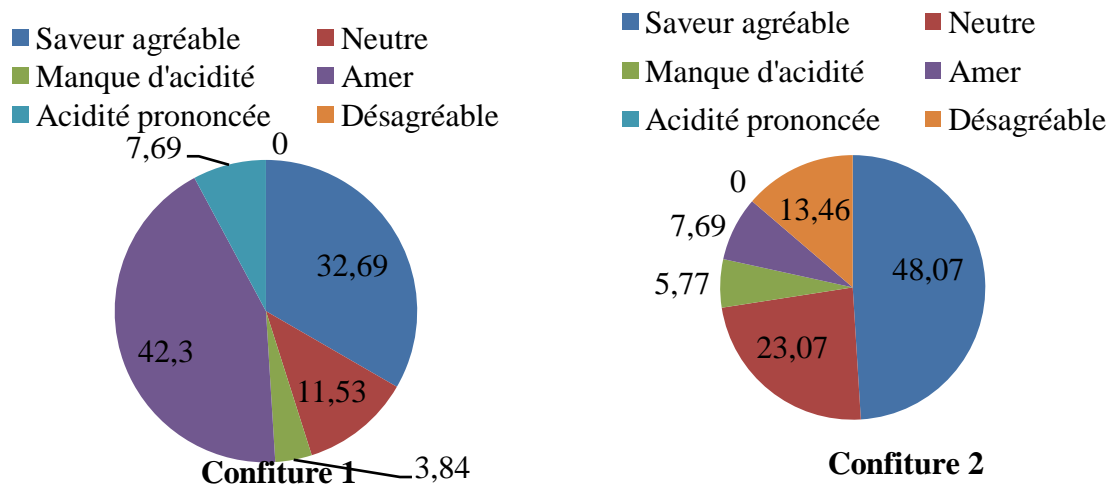


Figure 28: Les pourcentages du caractère prédominant pour le goût de la confiture.

➤ **Test de préférence avec l'échelle de sourire**

Ce test est réalisé dans le but de choisir la formulation la plus appréciée par les consommateurs. Selon les résultats illustrés dans la Figure 29, les dégustateurs ont apprécié la confiture 2 avec un pourcentage de 44,23 % par rapport à la confiture 1 avec un taux de 28,85 %, ceci est dû particulièrement à des préférences alimentaires. Ce résultat concorde avec ceux décrits précédemment pour la majorité des critères étudiés, que la confiture 2 (500 g de sucre), est la préférée. Ces résultats nous permettent de conclure que la confiture préparée avec 500 g du sucre est la plus préférée par les dégustateurs que la confiture préparée avec 250 g du sucre.

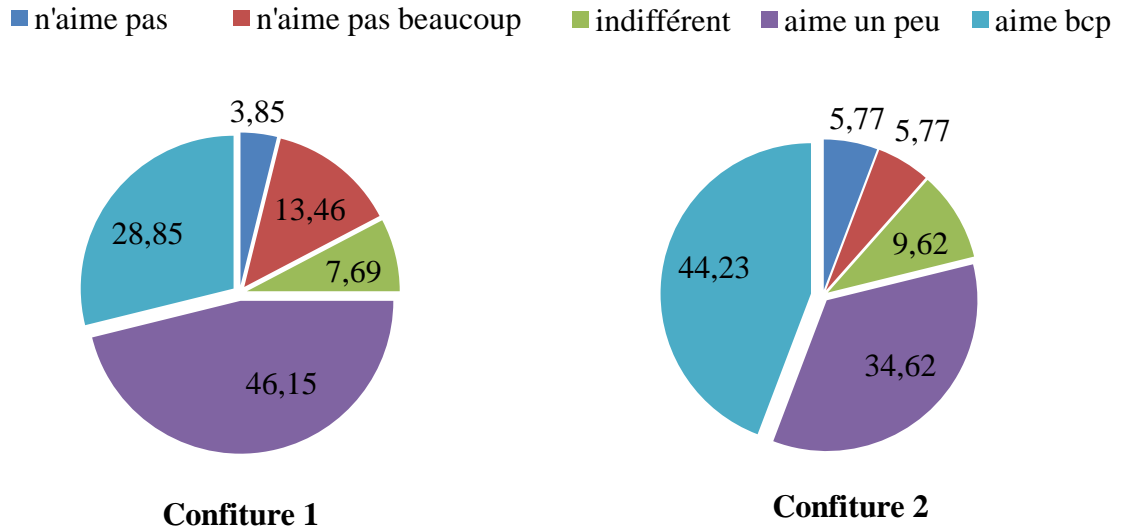


Figure 29: Pourcentage d’appréciation de la confiture de grenade.

III.6. L’analyse microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus (Tableau IX) sur les échantillons de confiture montrent que la confiture élaborée à base du fruit de grenade est d’une qualité hygiénique et commerciale acceptable, absence des germes susceptibles d’altérer la qualité du produit ou qui peuvent présenter un risque pour le consommateur. Par conséquent, le produit est propre à la consommation.

Tableau XI: Résultats des analyses microbiologiques.

Germes recherchés	Résultats
Coliformes totaux	Négatif
Coliforme fécaux	Négatif
<i>Staphylococcus aureus</i>	Négatif
<i>Salmonelles</i>	Négatif
<i>Clostridium</i>	Négatif
Levures et moisissures	Négatif

Conclusion

La grenade "fruit des dieux " est un fruit qui suscite actuellement beaucoup d'intérêts dans le monde entier et en particulier en Algérie, elle a été délaissée par les agriculteurs et consommateurs Algériens, malgré toutes les vertus qu'elle renferme. Elle a une valeur nutritionnelle bénéfique pour la santé du consommateur et ses utilisations dans la médecine traditionnelle Algérienne sont bien reconnues. Etant donné sa production saisonnière, la grenade est considérée comme un fruit non disponible sur toute l'année, des essais et des concepts sont adoptés dans le but de prolonger sa conservation dans le temps pour que le fruit soit accessible. Cette étude est mise au point dans le but d'élaborer une confiture à base du fruit de grenade selon des formulations alimentaires de type biologique, énergétique et salubre. Les deux confitures élaborées sont soumises à une analyse microbiologique, une évaluation sensorielle, un ensemble d'analyses physico-chimiques (pH, humidité, acidité, cendres, sucres totaux, sucres réducteurs, Brix, BNE, indice de couleur, conductivité, viscosité et pectines), la teneur en principaux antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, anthocyanines, caroténoïdes, lycopène et vitamine C) et l'activité antioxydante (activité antiradicalaire, activité antioxydante totale, pouvoir réducteur) des deux types de confitures ont été également déterminés.

Les deux formulations de la confiture de grenade que nous avons produites traditionnellement sont conformes pour la plupart de ses paramètres aux spécifications définies par la norme Codex STAN 296-2009 et présentent une source importante en antioxydants ayant un pouvoir antioxydant important. De plus, les analyses microbiologiques révèlent que les confitures analysées présentent une qualité microbiologique satisfaisante. L'analyse sensorielle mène à conclure que la confiture 2 (500 g de sucre) est la plus appréciée par les dégustateurs avec un pourcentage de 44,23 % comparativement à la confiture 1 (250 g de sucre) avec un taux de 28,85 %.

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent que la grenade présente aussi des intérêts nutritionnels et écologiques très importants cependant que le coût de sa transformation en confiture est onéreux et il est très coûteux d'un point de vue économique. S'agissant de nos essais qui se sont déroulés dans un temps relativement court, les paramètres tels que: la DLUO (Date Limite d'Utilisation Optimum) et la DLC (Date Limite de Consommation) n'ont pas pu être étudiés. Nous souhaitons donc que les essais soient poursuivis afin de parvenir à des résultats plus complets.

Afin de compléter ce travail il serait intéressant de:

- Travailler sur d'autres variétés comme les variétés acidulées (Qares);
- Elargir l'échantillonnage;
- Etudier la stabilisation du produit sur six (06) mois au minimum;
- Déterminer le profil antioxydant;
- Utiliser des méthodes beaucoup plus performantes et précises telles que l'HPLC et la RMN.

Références
Bibliographiques

-A-

Abdelazim, A. M. A., Khalid S.M. K. & Gammaa A.M. O. 2010. Suit ability of some sudanese mango variétés for jam making. *American Journal of Scientific and Industriel R. Res*, 2, 17-23.

AFNOR. 1982. Recueil de Normes Françaises des produits dérivés des fruits et légumes et jus de fruits. Ed. AFNOR. pp 1-325.

AFNOR. 1992. ISO 5492. *Analyse sensorielle. Vocabulaire In Analyse sensorielle pp (9-30).Paris.*

Afaq, F. Malik, et A. 2005. Pomegranate fruit extract modulates UV-Bmediated phosphorylation of mitogen-activated protein kinases and activation of nuclear factor kappa B in normal human epidermal keratinocytes. *Photochemistry and photobiology*. 81: 38-45.

Alais C., Linden G. Miclo L.2003. Biochimie alimentaire, 6ème édition de l'abrégé. *Edition: Dunod. Paris*, pp 41-68.

Al-Mamry, M. Al-Meerri A. & Al-Habori M. 2002. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*. 22: 1041-1047

Amjad, H. 2005. Pomegranate: Anatomy of A Driving Remedy. Ed. Lulu.com. pp1-126.

Apfelbaum, M., Romon, M. & Dubus M. 2004. Diététique et Nutrition. Ed. MASSON. pp 348-349.

Arkoub-Djermoune, L., Boulekbache-Makhlouf L., Zeghichi-Hamri, S., Bellili, S., Boukhalfa, F and Madani, K. 2016. Influence of the thermal processing on the physico chemical properties and the antioxidant activity of a Solanaceae vegetable: eggplant. *Journal of food quality*.39:181-191.

Aslanova, D., Bakkalbasi, E. & Artik, N. 2010. Effect of storage on 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formation and colour change in jams. *International Journal of Food Properties*.13: 904–912.

Aubree, E. 1996. Mécanismes de gélification des pectines - 5ème Colloque de l'Alliance 7 /CEDUS : La texture des produits sucrés. pp 1-40.

Bauer, W.J., Badoud, R., Loliger, J. & Etaurnaud, A. 2010. Science et Technologie des Aliments. Ed. Presses polytechniques et universitaires, Italie. pp 1-754.

Bath, P. K. & Singh, N. 1999. A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*. 67(4) : 389-397.

Belaid, L. 2016. Conservation de la margarine par des extraits de grenade (*Punicagranatum L.*). Mémoire de master. Université A.Mira de Béjaia.

Ben-Arie, R., Segal, N. et Guelfat-Reich, S. 1984. The maturation and ripening of the 'Wonderful' pomegranate. *Journal of American Society Horticulture Science*. 109(6): 898-902.

Ben Abdennebi, M. A. 2012. Le grenadier tunisien (*Punica granatum*) 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. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université Montréal. pp 23-24.

Bennick, A. 2002. Interaction of polyphénols with salivary Proteins. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 13(2): 184-196.

Benmeziane, F., Djermoune-Arkoub, L., Boudraa, A. T. & Bellaagoune, S. 2018. Physicochemical characteristics and phytochemical content of jam made from melon (*Cucumis melo*). *International Food Research Journal*. 25(1):

Berrah, Y. & BOUDAUD, S. 2017. Préparation d'une boisson nectar à base de la grenade (*Punica granatum*) et étude de stabilité. Mémoire de master. Université de Mouloud Mammeri. pp 1-80.

Blaid, L. 2016. Conservation de la margarine par des extraits de grenade (*punica gramatum L.*). master 2. université A. Mira Bejaia. pp 41.

Benamara, S., Messoudi, Z., Bounane, A. & Chibane, H. 1999. Formulation et analyses des de la confiture d'abricot allégée. *Revue des industries agro-alimentaire*. 116(1-2):27-33.

Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C & Attia, H. 2009. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. *Food Chemistry*. 112: 406–411.

Bourgou, S., ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H. & Marzouk, B. 2007. Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes Rendos Biologies*. 331: 48-55.

Boussalah, N., Merzouk, H. et Chibane, M. 2012. Caractéristiques morphologiques, physicochimiques et propriétés antioxydantes. La Grenade fruit divin. Ed. Université Européennes. pp 1-141.

Bouzonviller, E. 2004. A Decisive Stopover in "an Antiseptic Smelling Land": Switzerland as a Place of Decision and Recovery in F. Scott Fitzgerald's Fiction. *The F. Scott Fitzgerald Review*. 3: 27-42.

Boullard, B. 2001. Plantes médicinales du monde: Réalités et croyances. Ed. Estem. pp 1-636.

Bruneton, J. 1999. Phytochimie, Plantes médicinales. *Pharmacologie*. Ed. Tec-Doc lavoisier. pp 1- 1120.

Buchecker, K. 2008. Sensorik. Ed. Behr's publishing hamburg. pp 1-41.

-C-

Cardoso, S.M., Coimbra, M.A. & Lopes Da Silva, J.A. 2003. Temperature dependance of the formation and melting of pectin-Ca²⁺ networks: a rheological study. *Food Hydrocolloids*. 17: 801-807.

Cazin, F. J. 1868. Traité pratique et raisonné des plantes médicinales indigènes et acclimatées. Ed. De l'envole (EDS). pp 1-1189.

Cendres, A. 2010. Procédés novateurs d'extraction de jus de fruits par micro-ondes: viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus. Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. pp 1-133.

Chouaki, S., Bassadlk, F., Chebouti, A., Maamri, F., Oumata, S., Akheldoun, S., Hamana, M.F., Douzene, M., Bellah, F. & Kheldoun, A. 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. *INRAA*. pp 1-92.

Chaudhari, S. M. & Desai, U.T. 1993. Effects of plant growth regulators on flower sex in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 63(1): 34-35.

Chibane, M., Marouk, H. & Boussalah, N. 2012. La grenade fruit divin: Caractéristiques morphologiques, physicochimiques et propriétés antioxydantes. Ed. French Paperback. pp 1-141.

Clarck, S., Costello, M., Drake, M. & Bodyfelt, F. 2009. The sensory evaluation of dairy products. Ed. Spenger, New York. pp 1-530.

Codex Alimentarius, 2009. Confitures, gelées et marmelades. norme codex pour la confiture, gelées et marmelades. Ed. CODEX STAN 296, FAO, OMS. pp 1-10

Codex Alimentarius, 2017. Confitures, gelées et marmelades. normes codex pour la confiture, gelées et marmelades. Ed. CODEX STAN 296, FAO, OMS. pp 1-11

CODEX STAN 79- 1981. Standard for jams (fruit preserves) and jellies: processed and quick frozen fruits and vegetables. Geneva: FAO/WHO Food Standards. pp 1-10.

Courchet, L.D.J. 1897. Comprenant l'anatomie et la physiologie végétales et les familles naturelles, à l'usage des candidats au certificat d'études physiques, chimiques et naturelles des étudiants en médecine et en pharmacie: Traité de botanique. Ed. Baillière. pp 1019-1023.

Çam, M., Hışıl, Y. & Durmaz, G. 2009. Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. *Food chemistry*. 112(3): 721-726.

-D-

Das, S., Raychaudhuri, U., Falchi, M., Bertelli, A., Braga, P. & DAS, D.K., 2011. Cardioprotective properties of raw and cooked eggplant (*Solanum melongena* L). *Food Functional*. 2: 395–399.

Debiche, I. & Stoutah, K. 2018. Caractérisation d'une variété de grenade (*Punica granatum* L.) et essai de préparation de boisson de type cocktail à base de jus de grenade et de pomme. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou. pp 1-97.

Décret n° 85-872 du 14 août 1985. portant application de la loi du 1er août 1905 sur les fraudes et falsifications en matière de produits ou de services en ce qui concerne les confitures, gelées et marmelades de fruits et autres produits similaires transposant la Directive n° 2001/113/CE du Conseil du 20 décembre 2001 relative aux confitures, gelées et marmelades de fruits, ainsi qu'à la crème de marrons destinées à l'alimentation humaine.

- Derrardja, A. E. 2014.** Impact de deux procédés technologiques (jus et confiture) et du séchage sur les polyphénols et les caroténoïdes de l'abricot. Mémoire de magister Technologie Alimentaire, Université de Constantine. pp 1-161.
- DelCaro, A., Piga, A., Vacca, V. & Agabbio M., 2004.** Changes of flavonoids, Vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chemistry*.84 (1): 99-105.
- Delacharlerie, S., De Biourge, S., Chene, C., Sindic, M. & Deroanne, C. 2008.** Les Méthodes d'Analyse. In « HACCP Organoleptique: Guide Pratique ». Ed. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique. pp72-73.
- Depledt, F. & Sauvageot, F. 2002.** Evaluation sensorielle des produits alimentaires. Référence F4000V1. www.techniques-ingenieur.fr
- Diwakar, G., Rana, J., and Scholten, J.D. 2012.** Scholten. Inhibition of melanin production by a combination of Siberian larch and pomegranate fruit extract. *Fitoterapia* 83:989–995.
- Djaoudene, O. 2015.** Etude de l'évolution de la composition et des propriétés antioxydantes de confitures d'oranges au cours de la conservation. Alimentation et technologie Alimentaire, Mémoire de magister. Université de ABDERRAHMANE MIRA. Bejaïa. pp 1-57.
- DGCERF, 2008.** Guide pratique d'utilisation de la valisette de contrôle de la qualité. Edité par la Direction Générale du Contrôle Economique et de la Répression des Fraudes. Ministère du Commerce.
- Donato, L. 2004.** Gélification et séparation de phase dans les mélanges protéines globulaires/pectines faiblement méthylées selon les conditions ioniques. Thèse de Doctorat, Université de Limoges. France. pp 1-257.
- Du, L., Li, J., Zhang, X., Wang, L. & Zhang, W. 2018.** Pomegranate peel polyphenols inhibits inflammation in LPS-induced RAW264. 7 macrophages via the suppression of MAPKs activation. *Journal of functional foods*. 43: 62-69.
- D.S.A. 2018.** Directions des services agricoles.
- Dupin, H. 1992.** Alimentation et nutrition humaines. Ed. Esf Editeur, Paris. pp 1-1533.

-E-

Eke-Ejiofor, J. & Owuno, F. 2013. The physico-chemical and sensory properties of jackfruit (*Artocarpus heterophilus*) jam. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2(3): 149-152.

Ebrahimi, N.S., Hadian, J., Mirjalili, M.H., Sonboli, A. & Youcefzadi M. 2008. Essentiel oil composition and antibacterial activity of *thymus caramanicus* et different phonological stages. *Food Chemistry*. 110:927-931.

Espirade. 2002. Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Lavoisier, Paris. pp: 1-360.

Evreinoff, V. A. 1957. Contribution à l'étude du Grenadier. *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*. 4(3): 124-138.

-F-

Fabre, B. & Ermosilla, V., 2008. Uses of pomegranate tree extract for hear color retention. U.S patent.

Favier, J.C, Ireland-ripert, J., Laussuq, C. & FEINBERG, M., 1993. Répertoire général des aliments: table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Tome 3. Ed. Orstom. pp 1-213.

Fuhrman B . et Aviram M ., 2006 . protection against cardiovascular diseases .In : pomegranates Ancient Roots to Modern Medicine.

Fredot, E. 2009. Connaissance des aliments. Base alimentaires et nutritionnelles de la diététique. pp 1-366.

Furat, A. 2000. Les 100 meilleures recettes d'un maitre confiturier. La magie des confitures. Hachette. pp: 1-184.

-G-

Garnier, G.& Bezanger-Beauquesne, L. 1961. Ressources médicinales de la flore française. Ed. Vigot Frères (Tome II). pp 1-1511.

Ganjewala, D., Boba, S. & Raghavendra, A. S. 2008. Sodium nitroprusside affects the level of anthocyanin and flavonol glycosides in pea (*Pisumsativum L. cv . Arkel*) leaves. *Acta Biologica Szegediensis*. 52 (2): 301-305.

Ghavidel, R.A. & Davoodi, M.G. 2006. Effect of Chemical Pretreatments and Dehydration Methods on Quality Characteristics of Tomato Powder and Its Storage Stability. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*. 3(6): 330-339.

Ghedira, K. 2005. Les flavonoides: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. 4:162-169.

Gil, M., Tomas-Barberan, F. 2000. Antioxydant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 4581-4589.

Godet, J.D. 1991. Arbre et arbuste aux quatre saisons. Les guides pratiques du naturaliste. Ed. Delachaux et Néslé, France. pp 1-215.

Goor, A. 1967. The history of the pomegranate in the holy land. *Economic Botany*. 21:215-230.

-H-

Hadi, M. 2004. La quercétine et ses dérivés: molécules à caractères pro oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Thèse de Doctorat en pharmaco-chimie, Université de Louis Pasteur Strasbourg I. pp, 98-10124.

Hemingway, R. W. 1992. Structural variation in proanthocyanidins and their derivatives. In: Lignin polyphenols: synthesis, properties, significance. *Hemingway R W, Laks P. E. New York*.

Hebbache, I., Sebkhi, S. & Ouchemoukh, S. E. 2013. Teneurs en antioxydants et activités antioxydantes de quelques variétés de confitures industrielles. Mémoire Master. Université Abderrahmane Mira. Bejaia. pp 1- 64.

Heber, D. 2006. Pomegranates Ancient Roots to Modern Medicine. Ed. CRC Press Taylor & Francis Group Medicinal and aromatic plants –industrial profiles. pp 1-9812.

Himed, L. 2013. Processes de fabrication de confiture CAB. Mini projet, Université de Constantine. pp40.

Hidlago, M., Sanchez, S.M. & Pascual, T. 2009. Flavonoid- flavonoide interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*. 121: 691-696.

Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A. & Deemer, E.K. 2002. Analysis of antioxidant activity of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(11), 3122-3128

Hubbard, J.C. et Clay, H.F. 1977. Punicaceae. In "Tropical exotics". Ed. University of Hawaii press. pp 1-125.

Hussain, I. & Shaki, R. I. 2010. Chemical and organoleptic characteristics of jam prepared from indigenous varieties of apricot and apple. *World Journal of Dairy and Food Science*. 5 (1):73-78.

-I-

Igual, M., Garcia-Martinez, E., Camacho, M.M. & Martinez-Navarrete, N. 2013. Jam processing and storage effect on β -carotene and flavonoids content in grapefruit. *Journal of Functional Foods*. 5: 736-744.

INRAA. 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. pp 1-91.

Isengard, H. D. 1995. Rapid water determination in food stuffs. *Trends in Food Science & Technology*. 6(5): 155-162.

-J-

Jacob, R., Hasegawa, S. & Manners, G. 2000. The potential of Citrus Limonoids as Anticancer Agents. *Perishables Handling Quarterly*. 102, 6-8.

Jaiswal, S.G., Patel, M. & Naik, S.N. 2015. Physico-chemical properties of *Syzygium cuminii* (L.) Skells jam and comparative antioxidant study with other fruit jams. *Indian Journal of Natural Products and Resources*. 6(1): 9-15.

Jawaheer, B., Goburdhun, D. & Ruggoo, A. (2003). Effect of Processing and Storage of Guava into Jam and Juice on the Ascorbic Acid Content. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58: 1-12.

Jellinek, G. 1985. Sensory evaluation of food-Theory and practice. Ed. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, Chichester (England).

-K-

Kanwal, N., Randhawa, M. A. & Iqbal, Z. 2016. A review of production, losses and processing technologies of guava. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*. 4(2):1-11.

Kassé, M. 2014. Qualité microbiologique des tranches de Mangues (*Mangifera indica*) vendues à Dakar (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Science*.

KEMP, S.E. & HOLLOWOOD, T.&HORT J. 2011. Sensory Evaluation, a practical handbook: Sensory perceptions, Ed. willy-blackwell pp 96.

Kim, D. O., Jeong, S. W. & Lee, C.Y. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plum. *Food Chemistry*, 81: 321-326.

Kim, N. D. , Mehta, R. , Yu, W. , Neeman, I. , Livney, T. , Amichay, A. , Poirier, D. , Nicholls, P. , Kirby, A. , Jiang, W. , MANSEL, R. , Ramchandran, C. , Rabi, T. , Kaplan, B. et Lansky, E. , Kingsly, A. R. P. , SINGH, D.B. , Mantikantan, M.R et Jain, R. K. 2006. Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (Aardana) . *Journal of Food Engineering*, 75 :492 – 496.

Kumar, R., Sivakumar, T., Sunderam, R., Gupta, M., Mazumdar, U., Gomathi, P., Rajeshwar, Y., Saravanan, S., Kumar, M.&Muruges, K. 2005. Antioxidant and antimicrobial activities of *Bauhinia racemosa* L. stem bark. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 38: 1015-1024.

Kumbasli M. 2005. Etudes sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Thèse de Doctorat. *Université Laval Québec*.

Kuçuk, M., Kolayli, S., Karaoglu, S., Ulusoy, E., Baltaci, C. & Candan, F. 2007. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*. 100: 526-534.

-L-

Larosa, M., Gonzales-sarnas, A., Dolara, P. & Espina, J.C. 2010. Anti-inflammatory properties of a pomegranate extract and its metabolite urolithin-A in a colitis rat model and

the effect of colon inflammation on phenolic metabolism. *Journal of Nutrition Biochemistry*. 21(8):717–25.

Lago-Vanzela, E.S., Santos, G.V., Lima, F.A., Gomes, E. & Da-Silva, R., 2011. Physicalchemical, caloric and sensory characterization of light jambolan (*Syzygium cumini* Lamarck) jelly. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 31(3): 666-673.

Lansky, E. & Newman R., 2007. *Punica grantum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*. 109:177-206.

Lako, J., Trenerry, V. C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S. & Premier, R. 2007. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry*. 101: 1727-1741.

Liu, L., Fishman, M. L., Kost, J. & Hicks, K. B. 2003. Pectin-based systems for colon-specific drug delivery via oral route. *Biomaterials*, 24 (19): 3333-3343.

Li, H., Wang, X., Li, Y., Li, P. & Wang H. 2009. Polyphenolic compound and antioxidant properties of selected china wines. *Food Chemistry*. 112: 454-460.

Lien, E. J., Ren, S., Bui, H. H. & Wang R. 1999. Quantitative structure-activity Relationship analysis of phenolic antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*. 26(3): 285-294.

Li, Y., Guo., 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: 254-260.

Liu, Q., Suzuki, k., Nakaji, S. & Sugawara K. 2000. Antioxidant activities of natural 9-cis and synthetic all-trans β -carotene assessed by human neutrophil chemiluminescence. *Nutrition Research*. 20: 5-14.

Lozano, J. E. 2006. Fruit Manufacturing: Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reactions of Technological Importance. *Springer Science Business Media*. pp 230.

-M-

- Mars, M., 2000.** Pomegranate plant material: Genetic resources and breeding, A review. *Options Méditerranéennes Série A, Séminaires Méditerranéens*. 42:55–62.
- Maisuthisakul, P., Pasuk, S. & Ritthiruangdej, P. 2008.** Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21: 229-240.
- Mau, J. L., Tsai, S. Y., Tsai, Y. H. et Huang, S. J. 2005.** Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma Tsugae*. *Food Chemistry*. 93: 641-649.
- Meenaks, hisundaram S. & Farhath K., 2014.** Processing seabuckthorn fruit for antioxidant rich jam development and shelf stability assessment. *Indian journal traditional knowledge*, vol. 13 (NO.2).
- Mezger, T. 2014.** *Angewandte Rheologie: Mit Joe Flow auf der Rheologie Straße*, 1. Auflage Juli 2014. Anton Paar GmbH, Österreich. www.world-of-rheology.com/ consulté le 17/08/2019.
- Melgarejo, P., Salazar, D.M. & Artés, F., 2000.** Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *Eur. Food Res. Technol.* 211: 185-190.
- Melgarejo, P. & Valero D. 2012.** International Symposium on the Pomegranate. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, Madrid (Spain)*. pp 337.
- Melgarejo, P., Valero, D., 2012.** Series A: Mediterranean Seminars. N° 103. Spain.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. 2004.** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food Chemistry*. 85:231-237.
- Mohd Naeem, M.N., Mohd Fairulnizal, M.N., Norhayati, M.K., Zaiton, A., Norliza, A.H., Wan Syuriahti, W.Z., Mohd Azerulazree, J., Aswir, A.R, & Rusidah, S. 2015.** The nutritional composition of fruit jams in the Malaysian market. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. pp 96.

Monros . 2009. Standardisation d'une formulation de confiture de Chédaque et évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologique et sensoriels. Mémoire d'ingénieur d'Agronomie, Université d'état d'Haïti. pp 57.

-N-

Nickavar, B., Alinaghi, A. & Kamalinejad, M. 2008. Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 7(3):203-209.

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

-O-

Oyaizu, M. 1986. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*. 44: 707-315.

-P-

Paquot, M., Aguedo, M., Combo, A. M. M. 2007. Analyse structurale des carraghénanes par hydrolyse enzymatique. Thèse de Doctorat à l'Université de Bretagne Occidentale. France.

Peronny P. 2005. La perception gustative et la consommation des tannins chez les Maki. *Muséum National d'histoire Naturelle*. Thèse de Doctorat.

Phil, M. 2005. Structure and functionality of the pigments isolated from *Onosmahispidium* (Ratanjot) *Terminaliacatappa* (Janglibadam) and the other tropical plants. Thèse de Doctorat, Université de Karachi département. pp 1-312.

Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., De Ancos, B., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O. & Cano, M. P. 2011. Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *Food Science and Technology*. 44: 834-839.

Pnns Rapport du groupe de travail Pnns sur les glucides, partie 1, mars 2007p.
(www.agriculture.gouv.fr/rapport_glucides.pdf). Consulté le 22/08/2019.

Poiana, M.A., Alexa, E. & Mateescu, C. 2012. Tracking antioxidant properties and color changes in low-sugar bilberry jam as effect of processing, storage and pectin concentration. *Chemistry Central Journal*. 6 (4): 2-11.

Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex, Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*. 269: 337-341.

-Q-

Quezel, P. Santa, S. 1963. La nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Centre national de la recherche scientifique. Tome II. pp 1-665.

-R-

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.

Reguieg, Y.A. 2019. L'effet de *Punica granatum* sur la flore gastrique; Etude *in vitro* et *in vivo* chez le rat phytothérapie et santé Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis. Moustaganame. pp 118.

Ribereau, G. P. 1968. Les composés phénoliques des végétaux. Ed. Dunod, Paris. pp 1-254.

Ribeiro, S. M. R., Barbosa, L. C. A., Queiroz, J. H., Knodler, M. & Schieber, A. 2008. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*. 110: 620-626.

Ronielli, C. R., Eliseth, S. V., Jaciene, L. J., Marcos, V. S. A. & Celio K. S. 2014. Physicochemical and Sensory Characterization of Banana and Araçá-Boi Jam. *Brazilian Agricultural Research Corporation*. 5: 733-741

Rozier, F. 1787. Démonstration alimentaire de botanique (à l'usage de l'école royal vétérinaire de Lyon). Chez Brayset.

-S-

Safdar, M.N., Amjad, M., Mumtaz, A., Tabassum, H., Siddiqui, N. & Khalil, S. 2012. Storage studies of Jam Prepared Different Mango Varieties. *Pakistan Journal of Nutrition*. 11 (7): 653-659.

- Shakir, I., Durrani, Y., Hussain, I., Qazi, I. M. & Zeb, A. 2007.** Physicochemical analysis of apple and pear mixed fruit jam prepared from varieties grown in azad Jammu and Kashmir. *Pakistan Journal of Nutrition*. 7(1): 177-180.
- Sakho, M. & Crouzet, J. 2009.** Transformation, conservation et qualité des aliments.
- Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M.M. & Toth-Markus M. 2005.** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*. 38: 1023-1029.
- Sayed D. N. , Afaq F. et Mukhtar H. 2007 .** Pomegranate derived products for cancer chemoprevention . *Seminars in Cancer Biology* , 17 : pp 377 – 385 .
- Seeram, N. P., Risa, N. S. & Heber D. 2006.** Pomegranates Ancient Roots to Modern Medicine. Ed. CRC Press Taylor & Francis Group Medicinal and aromatic plants-industrial profiles. pp 1-263.
- Seeram, N. P., Zhang, Y., Reed, J. D., Krueger, C. G. et Vaya, J. 2006.** Pomegranate Phytochemicals. In “Pomegranates Ancient Roots to Modern Medicine”.
- Seeram, N.P., Schulman, R.N., Heber, D., 2006.** Pomegranates: Ancient Roots to Modern Medicine. Taylor and Francis CRC Press, Boca Raton, FL, USA
- Shulman, Y., Fainberstein, L. & Lavee, S. 1984.** Pomegranate fruit development and maturation. *Journal of Horticulture Science*. 59:265-274.
- Sheet, M.D., Duboid, M.L. & WILLIAMSON, J.G. 2004.** The pomegranate. Institut of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. pp 1-44.
- Slusarczyk, S., Hadjnos, M., Skalicka-Wozniak, K. & Matkowski, A. 2009.** Antioxidant activity of polyphenols from *lycopodium turcz.* *Food Chemistry*. 113: 134-138.
- Srivastava, P. & Malviya, R. 2011.** Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry, An overview.
- Spichiger, R. E. & Savolainen, V. 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. pp 1-413.

Stone, H., Bleibaum, R.M. & THOMAS H.A. 2012.Sensory evaluation practices. In “introduction to sensory evaluation”. Ed. Elsevier. pp 8-15.

Stover, E. & Mercure, E.W. 2007.The pomegranate: A New look at the Fruit of paradise. *Horticultural Science*. 42 (5): 1088-1092.

Suutarinen, J., Honkapää, K., Heiniö, R. L., Autio, A., Mustranta, S., Karppinen, S. 2002. Effects of calcium chloride-based prefreezing treatments on the quality factors of strawberry jams. *Journal of Food Science*. 67 (2): 884 -893.

-T-

Tariq, K. 2015. Functional Properties and Preparation of Diet Apricot Jam. *Food Science and Quality Management*. pp 23 .

Temagout, A. 2017. Caractérisation et Transformation de la Figue de Barbarie (*Opuntia Ficus Indica* L.), Elaboration d'une Confiture et d'une Gelée Extra. Génie des Procédés Alimentaires. Mémoire de master, Université Hadj Lakhdar- Batna 1. pp 1-71.

Thakur, B.R., Rakesh, K.S. & Handa, K.H. 1997. Chemistry and uses of pectin-A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 37(1): 47-73.

Thitipramote, N., Maisakun, T., Chomchuen, C., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Vongnitorn, P., Chaiwut, P., Thitilertdecha, N. & Pintathong, P. 2019. Bioactive Compounds and Antioxidant Activities from Pomegranate Peel and Seed Extracts. *Food and Applied Bioscience Journal*. 7(3): 152-161.

Touati, N., Tarazona-Díaz, M. P., Aguayo, E. & Louaileche, H. 2014.Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*. : 23–27.

Tomas-Babera, F. A. & Espin, J. C. 2001. Phenolic compounds and related enzyme as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81: 853-876.

Tsao, R., Khanizadeh, S. & Dale, A. 2006.Designer fruits and vegetables with enriched phytochemicals for human health. *Canadian journal of plant science*. 86 (3):773-786.

-T-

Vanier, P. 2005. La grenade au fil du temps. <http://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=grenaden-u>.

Verbois, S. 2009. La médecine indienne : fondement et pratiques de l'Ayruvida. Ed. Eyrolles. pp 1-415 .

Vibhakara, H. S. & Bawa, A. S. 2006. Manufacturing jams and jellies. In "Handbook of fruits and fruit processing. pp 1-189.

Verma, L. R. & Joshi, V. K. 2000. Postharvest technology of fruits and vegetables: Handling, Processing, Fermentation, and waste management. Ed. Indus Publishing Company, New Delhi, pp 1055-1057.

-W-

Wald, E. 2009. Plante historique et évolutions thérapeutique récentes. Le grenadier (*Punica granatum*). Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré- Nancy 1.

Watts, F. N. & Coyle, K. 1991. Recall bias for stimulus and response anxiety words in spider phobics. *Anxiety Research*. 4(4), 315-323.

Willcox, J. K., Catignani, G. L. & Lazarus, S. 2003. Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 43:1-18.

Woodall, M. J., Lee, S. W., Weesie, R. J., Jackson, M. J. & Britton, G. 1997. Oxidation of carotenoids by Free radicals: relationship between structure and reactivity. *Biochimica and Biophysica Acta*. 1336: 33-42.

-X-

Xie, Z., Li, X., Tang, R., Wang, G., Lu, Y., Li, X., Cheng, K., Li, L. & He, Q. 2019. Reactions of polyphenols in pomegranate peel with nitrite under simulated stomach conditions. *Food Science & Nutrition*. 7:3103-3109 .

Xu, B. & Chang, S.K. 2009. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 57: 4754-4764.

-γ-

Yildiz, H., Obuz, E. & Bayraktaroglu, G. 2006. Pomegranate: Its Antioxidant Activity and Its Effects on Health. In Proceedings of The First International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, Adana, Turquie. pp265-270.

Annexes

Annexe I: Les produits chimiques et les appareils utilisés.

Produits chimiques	Appareillages
-Acide acétique glaciale -ABTS -Acide oxalique -Acide sulfurique -Acétone -Acide trichloracétique -AlCl ₃ -Carbonate de sodium -Chlorure ferrique FeCl ₃ -DCPIP -Ethanol -Ferricyanure de potassium K ₃ Fe(Cn) ₆ -FeCl ₂ -Phosphate de sodium -HCl -K ₂ HPO ₄ -Méthanol -Molybdate d'aluminium -NaCl -NaOH -Phosphomolybdate -Hexane -Carbonate de Sodium Na ₂ CO ₃ -Réactif de Folin –Ciocalteu -NaNO ₂ -Chlorure d'aluminium AlCl ₃ - Persulfate de sodium. -Standards : Acide gallique, β-carotène, acide ascorbique....ect.	-Viscosimètre -Conductimètre -Réfractomètre -pH mètre -Four à moufle -Balance de précision -Centrifugeuse -Spectrophotomètre -Plaque magnétiques -Micropipette -Agitateur -Etuve -Verrerie : bécher, burette, éprouvetteect . -Papier wattman. - Dessicateur.

Annexe II: Photographie de quelques appareils utilisés.



Viscosimètre



Conductimètre



Spectrophotomètre



Centrifugeuse



Plaque d'agitation



Plaque chauffante

Annexe III: Les courbes d'étalonnage.

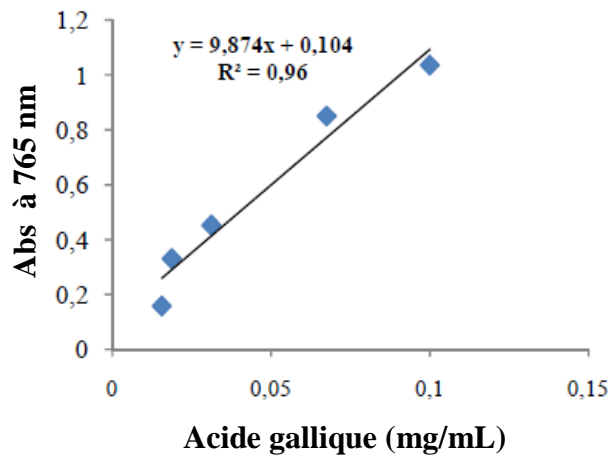


Figure 1: Courbe étalon pour le dosage des polyphénols.

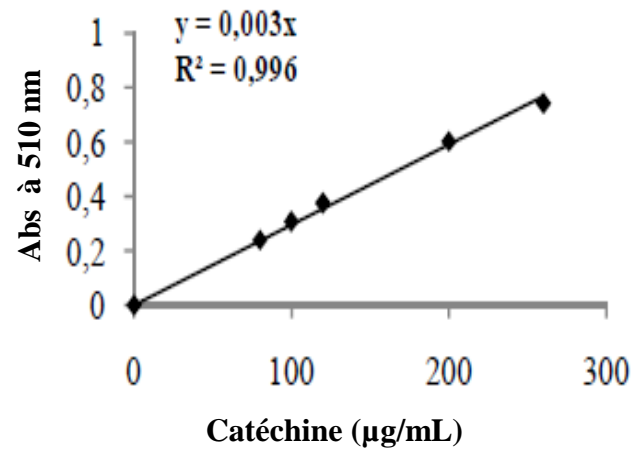


Figure 2: Courbe étalon pour le dosage des flavonoïdes.

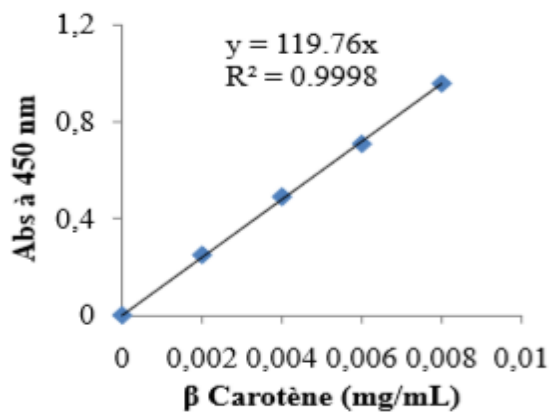


Figure 3: Courbe étalon pour le dosage des caroténoïdes totaux.

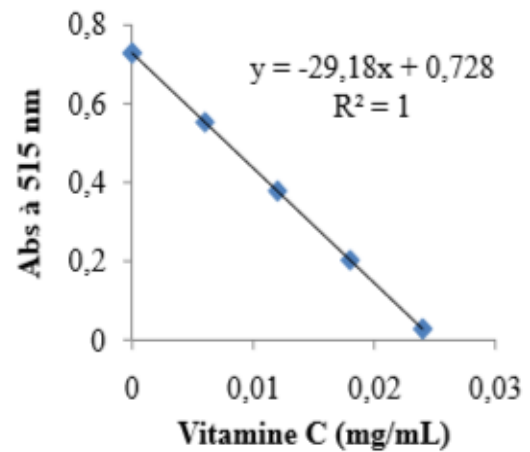


Figure 4: Courbe étalon pour le dosage de la vitamine C.

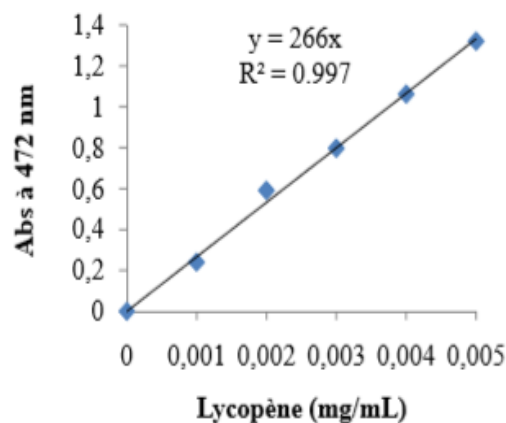


Figure 5: Courbe étalon pour le dosage du lycopène.

Annexe III (suite): Les courbes d'étalonnage.

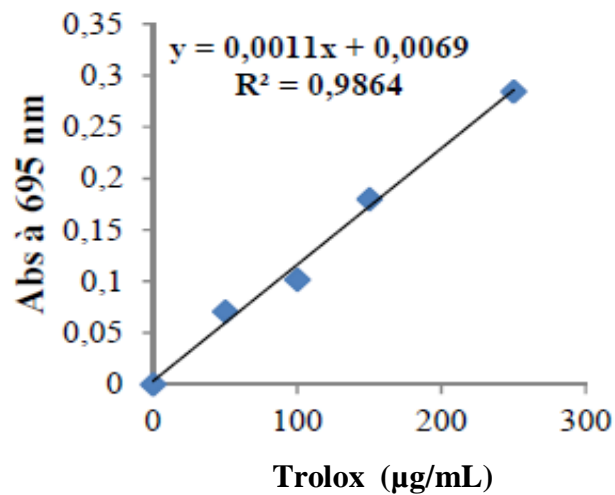
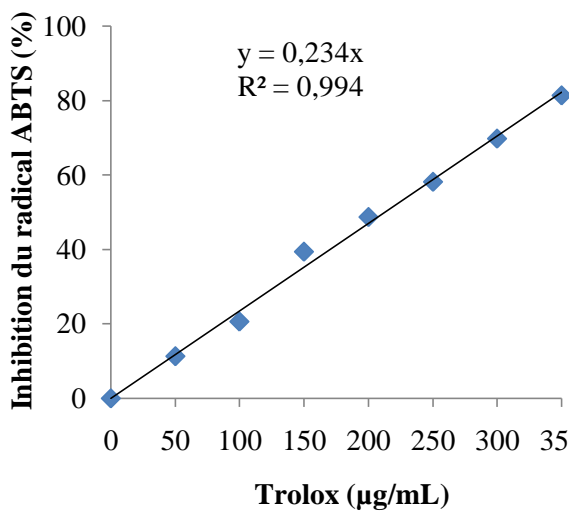


Figure 6: Activité antiradicalaire (ABTS)

Figure 7: phosphomolybdate en fonction

en fonction de la concentration du Trolox (µg/mL).

de la concentration du Trolox (µg/mL).

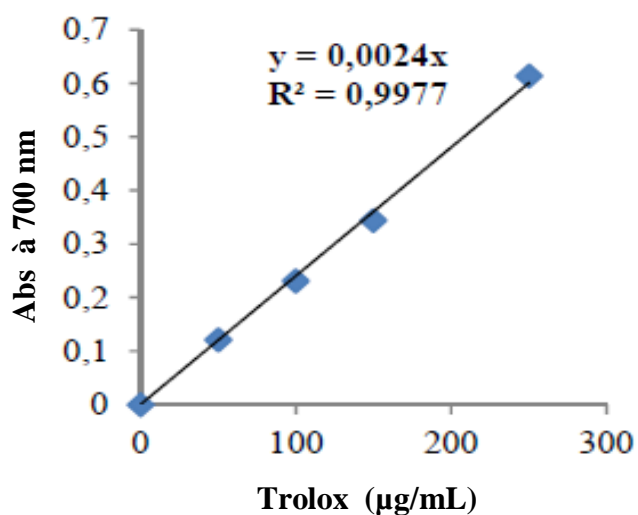


Figure 8: Pouvoir réducteur en fonction de la concentration du Trolox (µg/mL)

<i>paramètre</i>	<u>Odeur :</u> -Agréable. -Fraiche, -Sans odeur -légèrement acide. -Désagréable		<u>Sucre :</u> -Teneur normale. -Manque. -Excès		Fruit : -Teneur normale -manque. -excès.	
	<i>Pots</i>	Critère représentatif	Note 1-9	Critère représentatif	Note 1-9	Critère représentatif
Pot 01						
Pot 02						

2/ Évaluez l'échelle de sourires pour le degré d'appréciation

Pot 1



N'aime pas
du tout



n'aime pas
beaucoup



indifférent



aime un peu



aime beaucoup

Pot 2



N'aime pas
du tout



n'aime pas
beaucoup



indifférent



aime un peu



aime beaucoup

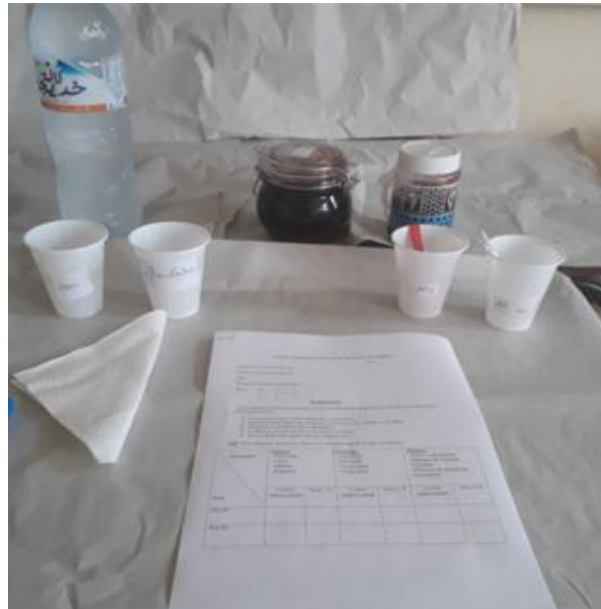
Appréciation générale :

Il s'agit de quel fruit selon vous ?

Avis personnel

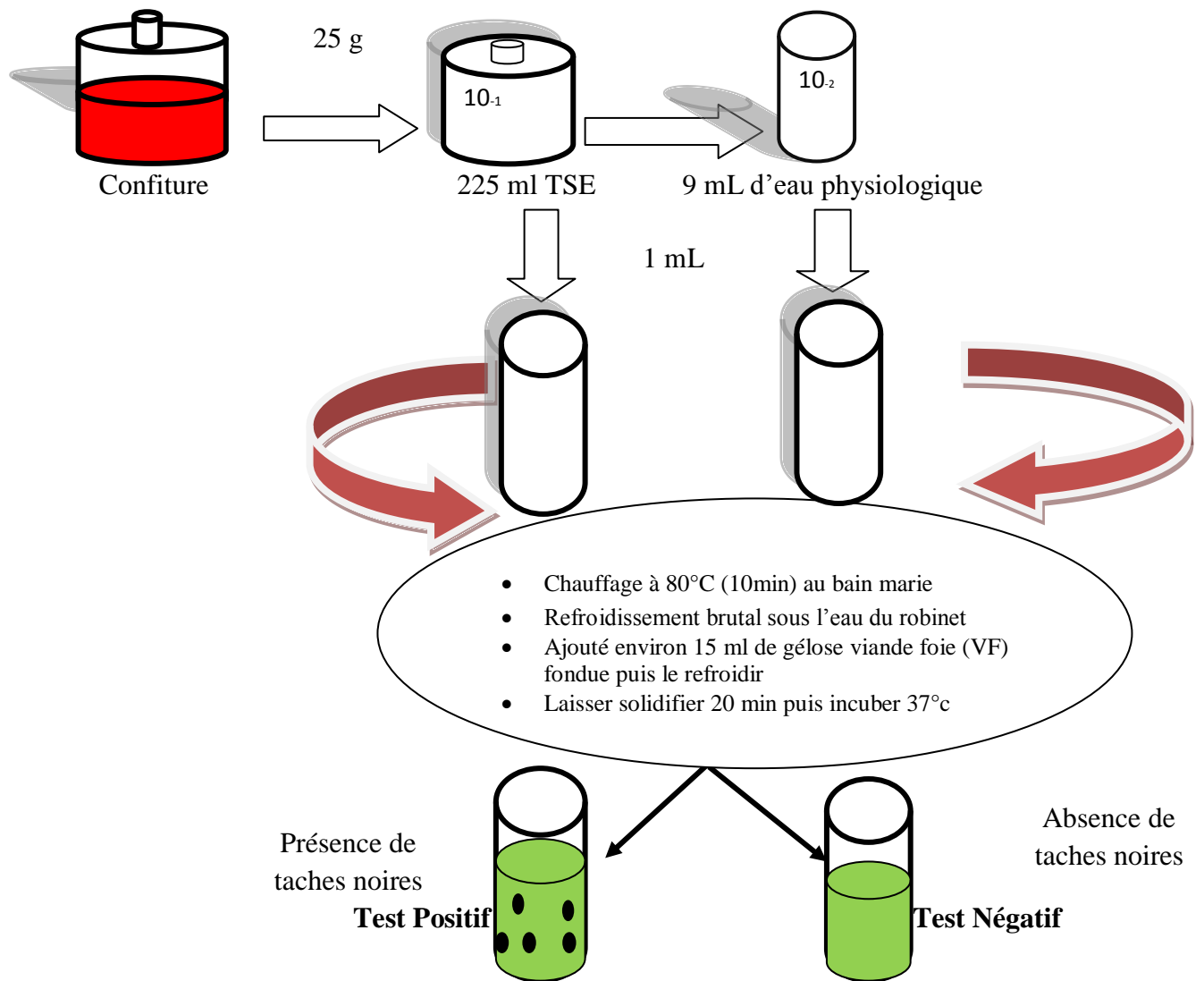
.....
.....

Merci pour votre coopération.



Photographie du poste d'évaluation sensorielle

Annexe V (suite): Les diagrammes des analyses microbiologiques.

Figure 2: Recherche et dénombrement de *Clostridium Sulfito-réducteurs*

Annexe V (suite): Les diagrammes des analyses microbiologiques.

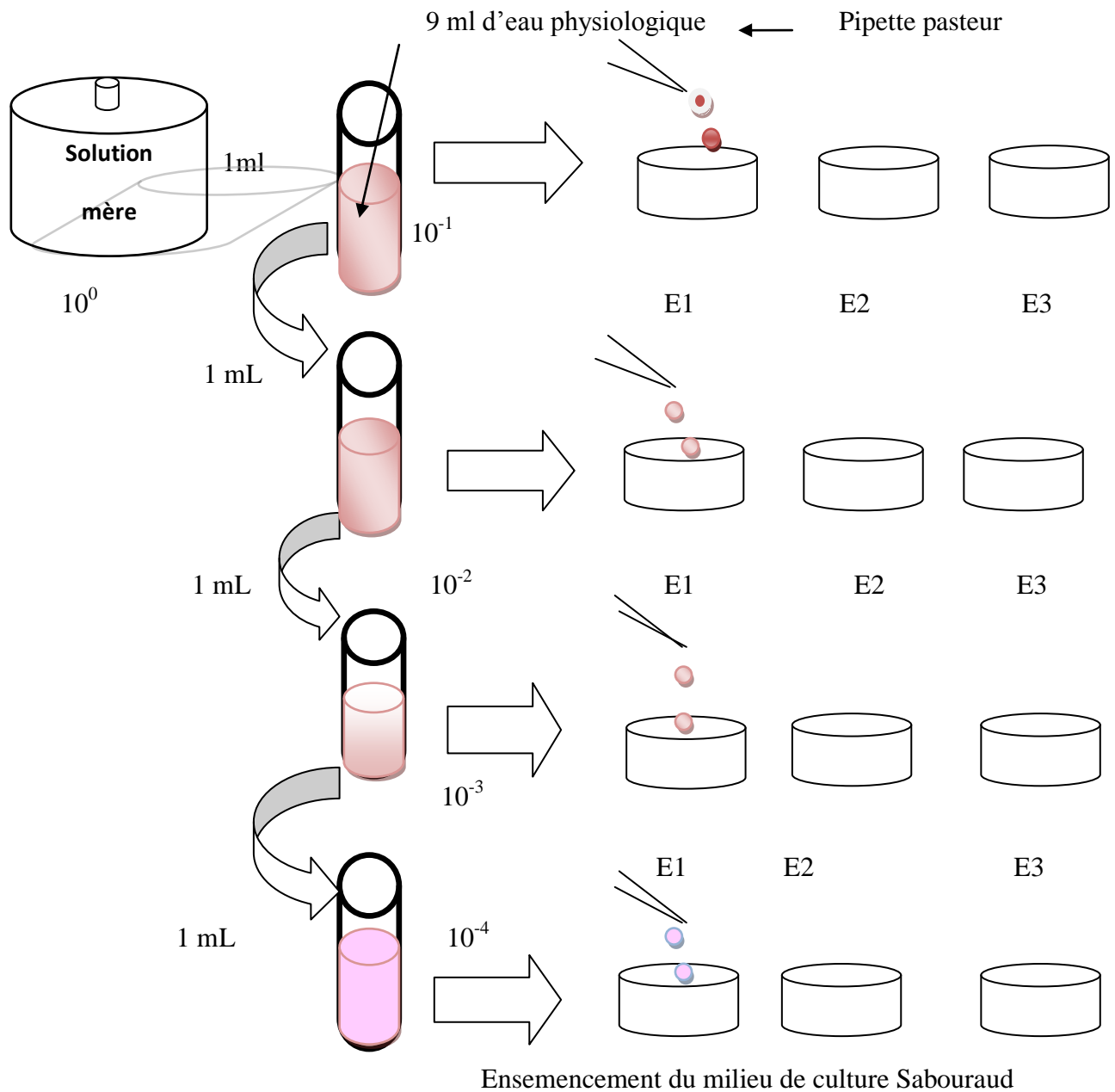


Figure 3: Dénombrement des levures et moisissures.

Annexe V (suite): Les diagrammes des analyses microbiologiques.

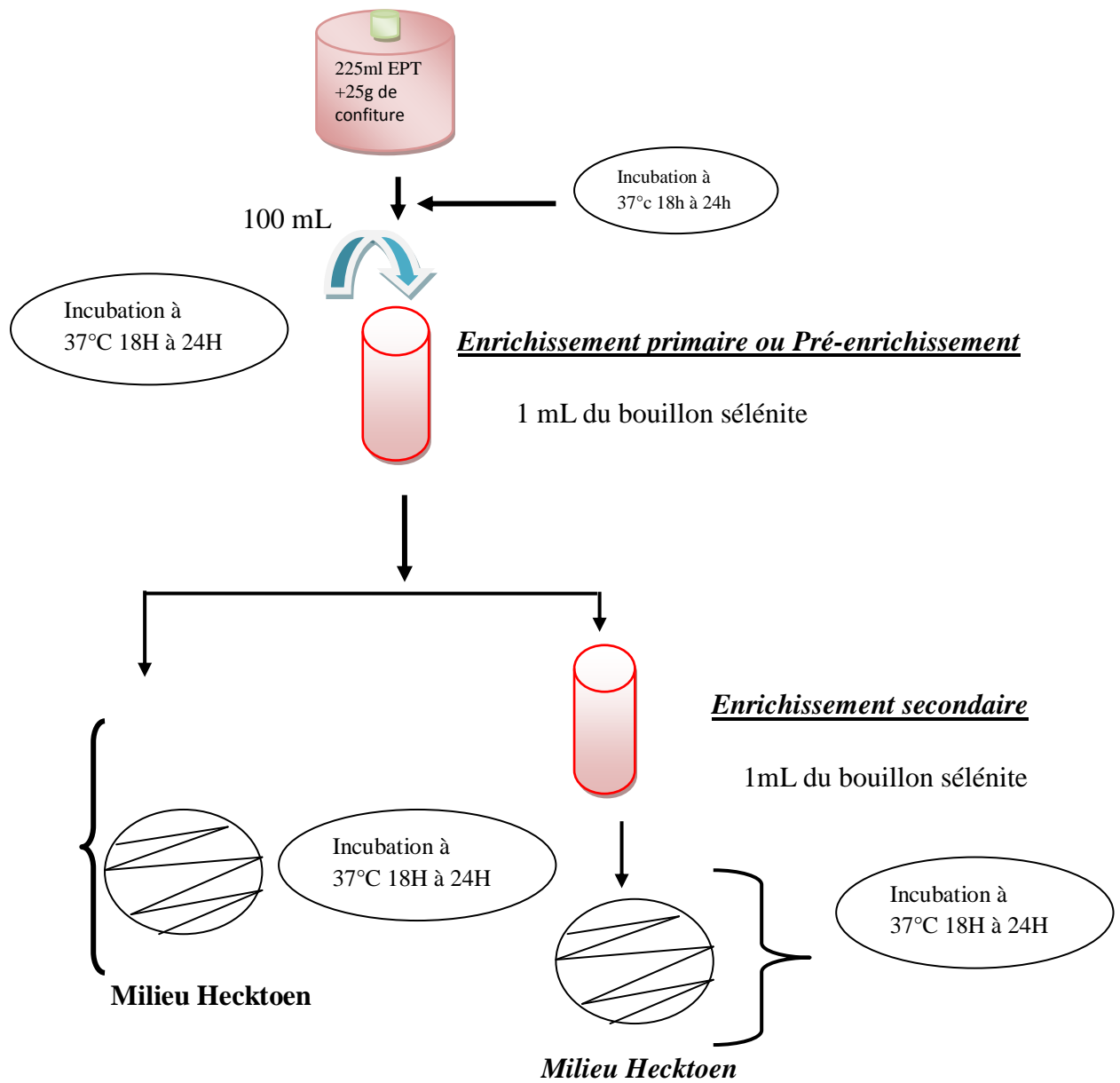


Figure 4: Recherche des salmonelles

Annexe V (suite): Les diagrammes des analyses microbiologiques.

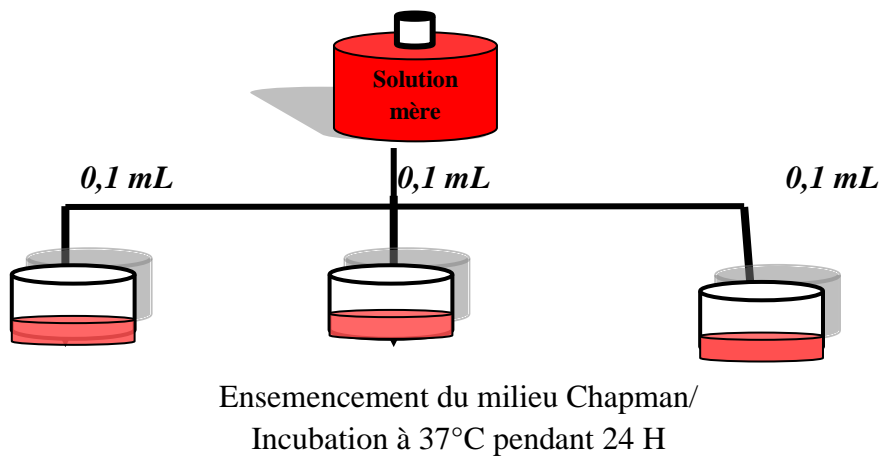
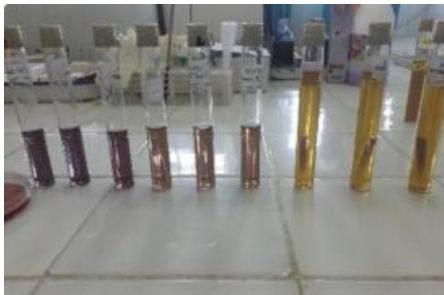


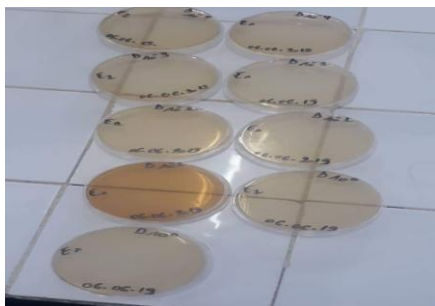
Figure 5: Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.



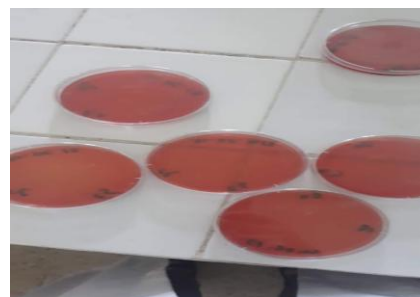
Coliformes totaux et fécaux



Clostridium Sulfite-réducteurs



Levures et moisissures



Staphylococcus aureus

Figure 6: Photographies des résultats microbiologiques négatifs

Résumé

L'objectif principal de cette étude est l'élaboration d'une confiture à base du fruit de grenade « *Punica granatum* ». L'étude a été menée sur la variété « Lahlou » récolté dans la région Larbaâ Nath Irathen de la wilaya de Tizi Ouzou, qui vise à la fois la sauvegarde du patrimoine phylogénétique de la région et la mise au point d'un nouveau produit alimentaire de type biologique, énergétique et salubre. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés d'une part à élaborer une recette appropriée pour la transformation de la grenade en confiture avec deux formulations, d'autre part d'évaluer les caractéristiques microbiologiques, sensorielles, physicochimiques, la détermination du contenu en antioxydant et l'évaluation des propriétés antioxydantes pour les deux confitures élaborées. Les résultats d'analyses physico-chimiques indiquent que les confitures de grenade étudiées présentent des propriétés assez comparables à d'autres confitures issues d'autres fruits. Les analyses microbiologiques réalisées ont révélé que les confitures élaborées sont indemne de tous germes de contamination. Quant aux antioxydants, les confitures renferment une quantité considérable liée à une activité antioxydante importante. En revanche, l'analyse sensorielle a démontré que la confiture contenant cinq cent grammes de sucre est beaucoup plus appréciée par les dégustateurs que celle contenant moins de sucre. En conclusion, les confitures de grenade élaborées présentent des paramètres technologiques conquérants aux autres confitures connues et qui permettent sa commercialisation avec succès.

Mots clés: Grenade; Confiture; Qualité Physico-chimique; Qualité Microbiologique; Evaluation Sensorielle; Antioxydants; Activité antioxydante.

Abstract

The main objective of this study is to elaborate the pomegranate jam based on fruit "*Punica granatum*". The study was conducted on the variety "Lahlou" harvested in the region Larbaâ Nath Irathen of Tizi Ouzou, which aims both at safeguarding the plant heritage of the region and the development of biological, energetic and healthful new food product. In this study, we were interested on the one hand to develop an appropriate recipe for the transformation of pomegranate into jam with two formulations, on the other hand to evaluate the microbiological, sensory, physicochemical characteristics, the determination of antioxidant content and the evaluation of antioxidant properties for both elaborate jams. The results of physicochemical analyzes indicate that the pomegranate jams studied have properties quite similar to other jams from other fruits. The microbiological analyzes carried out revealed that the jams developed are free of all germs of contamination. As for antioxidants, jams contain a considerable amount related to an important antioxidant activity. On the other hand, sensory analysis has shown that jam containing five hundred grams of sugar is much more appreciated by tasters than that containing less sugar. In conclusion, the elaborate pomegranate jams conquer technological parameters the other known jams and allow its commercialization with success.

Keywords: Pomegranate; Jam; Physical-chemical quality; Microbiological quality; Sensory evaluation; antioxidants; Antioxidant activity.

Agzul

Iswi agejdan n tezrawt-agi, d tukci n wazal i ugummu n Remma «*Punica granatum* ». Tazrawt tettwaxdem i tewsit n "Lehlu" d-yettwakksen deg tyiwant n Lareba n At Yiraten, deg lwilaya n Tizi-Wezzu. Ittrami, yef tikkelt d asehbiber yef tgemmi n uzar n yimyi n tama-agi, d usuteb ufaris amaynut yettmaččan n wanaw, adersan, ittmuddun lgeh d tezmert, ilan tadawsa. Deg tezrawt-agi-nney, nezzi lwelha-nney seg tama asuteb n tsefert iwatan i usmeskel n Remman d lmeejun (tarcect), s snat n tesmal, seg tama nniđen d aktazal n tulmisin-ines microbiologique, aħulfan, tafizikt-tacimikt. Aguccel n ugbur mgal-tanigt (anti-oxydant), d uktazal n wayen lan mgal-tingiyin (anti-oxydants), i snat n terkac (confiture) d-xedmen. Igemmad n uslađ fizik-cimik, yeskan-d belli snat-agi n terkac n Remman nsezrew temmal-d ddeqs n tulmisin i nezmer ad nesserwes akked terkac tiyađ yettwaxdem s yigumma nniđen. Aslađ microbiologique d-nga yesbanay-d belli tirkac d-xedmen ulac akk deg-sent imejjan isledyen. Ayen yerzan mgal-tangiyin-anti-oxydants), lmeejun ila tasmekta meqqren teqqen s armud imgerrez n mgal-tanigt (antioxydante). Seg tama, aslađ aħulfan isken-d belli lmeejun ila semmus n twinas igramen n sekkař, i wumi ttħulfun s wařas wid itteerađen s userwes akked tid ur nli ařas n sekkař. Deg tegrayt, lmeejun n Remman d-xedmen ila ařas n yisefranen n isnamkan (technologique) ayen ara t-yeğğen ad yili deg umyezwer d imeejunen wiyad yettwassnen, wa ad yekcem tazenzut s usmures (rrbeħ).

Asegzi n Wawalen: Reman; lmeejun; tařra n tafizikt-tacimikt; tařara microbiologique; aktazal aħulfa; mgal-tanig; armud n mgal-tanigt.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تنمية فاكهة الرمان « *Punica granatum* ». أجريت الدراسة على صنف "الحلو" التي تم جنيها في منطقة الاربعاء ناث إيراثن بولاية تيزي وزو، والتي تهدف إلى حماية التراث النباتي للمنطقة وتطوير منتج غذائي جديد، عضوي، حيوي وصحي. في هذه الدراسة نهدف من ناحية تطوير وصفة مناسبة لتحويل الرمان إلى مربى بتحضير تركيبتين، ومن ناحية أخرى لتقييم الخصائص الميكروبيولوجية والحسية والفيزيو كيميائية، وتحديد محتوى مضادات الأكسدة. وتقييم خصائص مضادات الأكسدة. تشير نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية إلى أن مربى الرمان التي تمت دراستها لها خواص مشابهة تمامًا لمربيات أخرى من ثمار مختلفة. كشفت التحاليل الميكروبيولوجية التي أجريت على أن الوصفتين التي تم تحضيرهما خالية من جميع جراثيم التلوث. بالنسبة لمضادات الأكسدة، تحتوي المربى على كمية كبيرة مرتبطة بنشاط مضاد للأكسدة. من ناحية أخرى، أظهر التحليل الحسي أن المربى الذي يحتوي على خمسمائة غرام من السكر يحظى بتقدير أكبر بكثير من قبل المتذوقين أكثر من تلك التي تحتوي على نسبة أقل من السكر. في الختام، مربى الرمان المحضر له مميزات تكنولوجية منافسة لمربيات المعروفة والتي تسمح له بتسويقه بنجاح.

كلمات البحث: الرمان، مربى، تحاليل فيزيوكيميائية، تحاليل ميكروبيولوجية، تحاليل حسية، مضادات الأكسدة