

République Algérienne Démocratique et populaire

Ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master en Sciences Alimentaires

Spécialité : Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

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.

Réalisé par : M^r DEBICHE Idir

M^r STOUTAH Karim

Devant le jury :

Président : M^r SADOUDI Rabah, Maître de conférences A, UMMTO

Promoteur : M^r AMIR Youcef, Professeur, UMMTO

Examineurs : M^r BENGANA Mohamed, maître de conférences B, UMMTO

M^{me} BENTEYEB Saïda, Maître assistante A, UMMTO

Année 2017/2018

Remerciements

Nous commençons par remercier le bon DIEU ; le tout puissant qui nous a donné la santé, le Courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements à M^r AMIR YUCEF, Professeur à l'UMMTO, pour la confiance qui nous a accordée en acceptant de diriger ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de nos reconnaissances et nos profonds respects.

Nous tenons à remercier M^r SADOUDI Rabah, maître de conférences à l'UMMTO, pour nous avoir fait l'honneur de présider le Jury. Qu'il trouve ici l'expression de nos grandes considérations.

Nos vifs remerciements vont également à M^r BENGANA Mohamed, Maître de conférences à l'UMMTO et M^{me} BENTEYEB Saïda, Maître assistante A à l'UMMTO, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous souhaitons exprimer nos profondes reconnaissances à l'ensemble de personnel du département des sciences biologiques et des sciences agronomiques, particulièrement l'ensemble du personnel du laboratoire physico-chimique et du laboratoire microbiologique de notre département.

Nous devons nos hautes considérations et nos grands remerciements à nos familles pour leurs soutiens tout au long de notre cursus et pendant la réalisation de ce travail, et que sans leurs appuis financiers, sans leurs conseils et sans leurs amours, rien de cela n'aurait pu arriver.

Nous remercions enfin, nos amis (es) et nos camarades pour leurs aides précieuses durant toute la période de ce travail

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents MOKRANE et HOURIA, que dieu les protège et les garde en bonne santé et longue durée de vie. Je leur suis et je leur resterai toujours reconnaissant, pour leur soutien et leur idées qui m'ont permis d'arriver là aujourd'hui.

A mes chers frères : ALI, LEMNOUAR, KARIM, KAMEL et BRAHIM qui m'ont toujours soutenu, encouragé et m'ont donné de l'aide. Je leur présente ici ma plus haute et grosse gratitude et remerciements.

A mon Oncle SLIMANE qui a toujours été encourageant avec toutes ses idées et conseils, ainsi que son aide de toutes ses sortes.

A mes chers enseignants

A tous mes amis (es) et mes camarades

A mon binôme Karim

Et à toute la promotion AACQ 2018

*Enfin je dédie ce travail à tous ceux qui gardent la foi malgré tous les obstacles.
Soyons maître de notre destin.*

IDIR

Dédicace

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour
A ceux qui m'ont encouragé et soutenu durant les moments
les plus difficiles
Ceux à qui je dois tant
Pensée à mon cher père, décédé y a 10 ans, que Dieu
l'accueille dans son vaste Paradis
A ma chère mère pour son amour et son support continu
Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma
profonde
Reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi.
A mes frères et sœurs.
A mes oncles et tantes.
A mes cousins et cousines.
A mes chers enseignants
A tous mes amis (es) et mes camarades
A mon binôme IDIR
Et à toute la promotion AACQ 2018*

KARIM

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

PARTIE I : Etude bibliographique

Chapitre I : La grenade

I.1 Historique et origine de la grenade 3

I.2 Production de la grenade..... 4

 I.2.1 Production mondiale 4

 I.2.2 Production nationale..... 4

I.3 Classification de la grenade 4

 I.3.1 Classification botanique 4

 I.3.2 Classification variétale 5

I.4 Description morphologique de la plante 6

 I.4.1 Fleurs 6

 I.4.2 Fruits 7

I.5 Composition physicochimique du grenadier 7

 I.5.1 Caractéristiques physiques des fruits 8

 I.5.2 Caractéristiques chimiques du grenadier et de son fruit 8

 I.5.3 Nutriments les plus importants de la grenade 11

I.6 Effets thérapeutiques des grenades 12

 I.6.1 Effets antimicrobien 12

I.6.2 Effets anticancérigène	12
I.6.3 Effets antioxydant	13
I.6.4 Inhibition de l'oxydation des LDL.....	14
I.6.5 Effets antidiabétique	14
I.6.6 La prévention des maladies cardiovasculaires	15

Chapitre II : La pomme

II.1 Introduction	17
II.2 Description du fruit.....	17
II.3 La texture de la pomme	19
II.3.1 Définition	19
II.3.2 Propriétés mécaniques	19
II.3.3 Propriétés géométriques	19
II.3.4 Propriétés organoleptiques	19
II.3.5 Propriétés biochimiques	20
II.4 La composition de la pomme	20
II.5 Les atouts santé et propriétés nutritionnelles de la pomme et de son jus	21
II.5.1 Le Cancer	22
II.5.2 Les maladies cardiovasculaires	22
II.5.3 Propriétés antioxydantes	23
II.5.4 Asthme et fonction pulmonaire	23
II.5.5 Vieillessement et processus cognitifs	23
II.5.6 Diabète	24

II.5.7 Perte de poids	25
II.5.8 Protection gastro-intestinale contre les lésions médicamenteuses	25

Chapitre III : jus et nectars de fruits

III.1 Introduction	26
III.2 Définition du jus de fruits	26
III.3 Production de jus de fruits.....	27
III.3.1 Production mondiale	27
III.3.2 Production nationale.....	28
III.4 Consommation de jus de fruits.....	28
III.4.1 Consommation mondiale.....	28
III.4.2 Consommation nationale	29
III.5 Les différents types de jus de fruits.....	29
III.5.1 Les purs jus de fruits.....	29
III.5.2 Les jus à base de concentrés de jus	29
III.5.3 Jus de fruits obtenus par extraction hydrique	29
III.5.4 Purée de fruits destinée à la production de jus et nectars de fruits.....	30
III.5.5 Les boissons aux fruits	30
III.5.6 Concentré de jus de fruits	30
III.5.7 Concentré de purée de fruits.....	30
III.5.8 Nectars de fruits	31
III.5.9 Les jus gazéifiés	31
III.6 Procédés de fabrication de jus de fruits.....	31

III.6.1 Préparation des fruits	31
III.6.2 Traitements préalables de la matière première	32
III.6.3 L'extraction du jus.....	32
III.6.4 Traitement des jus.....	33
III.6.5 Fabrication de nectars.....	34
III.7 Propriétés nutritionnelles des composants des jus de fruits	36

Chapitre IV : conservation et altération des jus et nectars de fruits

IV.1 Introduction.....	39
IV.2 La conservation	39
IV.2.1 La conservation physique.....	39
IV.2.1.1 La conservation par la chaleur.....	39
IV.2.1.2 Techniques de conservation par le froid.....	41
IV.2.1.3 Technique de conservation par les additifs alimentaires	42
IV.3 Les altérations	43
IV.3.1 Altération physicochimique	43
IV.3.1.1 Dégradation de la vitamine C.....	43
IV.3.1.2 Le brunissement non enzymatique (BNE)	44
IV.3.1.3 Le brunissement enzymatique (BE)	45
IV.3.2 Les altérations de la qualité microbiologique	46
IV.3.3 Altération organoleptique.....	47

PARTIE II : Etude expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1 Matériel.....	48
I.1.1 Matériel de laboratoire	48
I.1.2 Matériel végétal	48
I.1.2.1 Echantillonnage	48
I.1.2.2 Caractéristiques physiques	49
a. Des grenades utilisées	49
b. Des pommes utilisées	50
I.1.2.3 Extraction du jus	50
a. Jus de Grenade.....	50
b. Jus de Pomme.....	52
I.1.3 Préparation des ingrédients utilisés et additifs	54
I.1.4 Formulation de la boisson	55
I.1.5 Test de dégustation	57
I.2 Méthodes d'analyses	57
I.2.1 Analyses physicochimiques de la matière première (jus de grenade pur, jus de pomme pur et des boissons formulées)	57
I.2.1.1 Le pH	57
I.2.1.2 Le Degré Brix°	58
I.2.1.3 L'Acidité titrable	59
I.2.1.4 La Vitamine C	60
I.2.1.5 Les Sucres	61

I.2.1.5.a Les sucres réducteurs	61
I.2.1.5.b Les sucres totaux	62
I.2.1.5.c Le taux de Saccharose	63
1.2.1.6 La pectine	63
1.2.1.7 Les polyphénols totaux	64
1.2.1.8 L'activité antioxydante	64
I.2.2 Etude de la stabilité des boissons formulées après 21 jours de stockage	65
I.2.2.1 Analyses microbiologiques des boissons formulées après 21 jours de stockage à l'air ambiant.....	65
I.2.2.1.1 Préparation des dilutions décimales	66
I.2.2.1.2 Recherche et dénombrement de la Flore Mésophile Totale	67
I.2.2.1.3 Recherche et dénombrement des Coliformes	68
I.2.2.1.4 Recherche et dénombrement Staphylococcus aureus	70
I.2.2.1.5 Recherche et dénombrement Clostridium sulfito-réducteurs	71
I.2.2.1.6 Recherche et dénombrement Levures et Moisissures	72

Chapitre II : Résultats et discussions

II.1 Résultats des analyses physicochimiques	74
II.1.1 Au moment de la formulation	74
II.1.2 Après 21 jours de stockage	75
II.1.3 Discussion	76

II.1.3.1 Le degré Brix°	76
II.1.3.2 Le pH	77
II.1.3.3 L'acidité titrable	78
II.1.3.4 La vitamine C	79
II.1.3.5 Les Sucres	81
II.1.3.6 La pectine	84
II.1.3.7 Les polyphénols totaux	85
II.1.3.8 L'activité antioxydante	87
II.2 Résultats des analyses microbiologiques après 21 jours de stockage.....	89
II.3 Résultats de l'analyse sensorielle	90
II.3.1 La Couleur	90
II.3.2 La Consistance	91
II.3.3 L'Odeur	92
II.3.4 Le Goût	92
II.3.5 Le Goût sucré.....	93
II.3.6 Le Goût acide	94
II.3.7 La Pulposité	94
Conclusion et perspectives	96

Références bibliographiques

Annexes

°C : degré Celsius

µg : microgramme

µl : microlitre

ADN: Acide Désoxyribonucléique

AFNOR: Association française de normalisation

APAB: Association des producteurs algériens des boissons

APG: Angiospermes PhylogenyGroup

Aw: Activité de l'eau

BE: Brunissement enzymatique

BNE: Brunissement non enzymatique

CO₂: Dioxyde de carbone

DCPIP: Dichlorophenol indophenol

E330: Acide citrique

EAG: Equivalent Acide gallique

F.A.O.: Food and agricultural organization

G: Gramme

H : Heure

ha : Hectares

HCL : Acide chlorhydrique

HDL-C : Cholestérol à haute densité lipoprotéique

HIV-1 : Virus d'immunodéficience humaine type 1

hl : Hectolitre

I.F.U : fédération internationale des jus de fruits

IND : Indénombrable

ISO: International Standardization Organization

J.C: Jésus Christ

Kcal: Kilocalories

Kg: Kilogramme

LDL-C : Cholestérol à faible densité lipoprotéique

M : Mètre

mg : Milligramme

ml : Millilitre

O₂ : Oxygène

OGA: Oxytétracycline glucose agar

OMS : Organisation mondiale de la santé

PCA: plate count agar

pH : Potentiel d'hydrogène

PM : Poids moléculaire

Qx : Quintaux

UFC : Unité formant colonie

VF : Viande foie

VRBL : Lactose bilié au cristal violet et rouge neutre

Tableau N° I : Principaux constituants des différentes parties du grenadier et de son fruit	9
Tableau N° II : La composition chimique du fruit de grenadier	10
Tableau N° III : Composition moyenne d'une pomme à maturité.....	21
Tableau N° IV : Les principaux pays producteurs de jus de fruits.....	27
Tableau N° V : Les principaux pays consommateurs de jus de fruits	28
Tableau N° VI : Propriétés nutritionnelles des composants des jus de fruits.....	38
Tableau N° VII : Caractéristiques physiques de grenades utilisées	49
Tableau N° IIX : Caractéristiques physiques des pommes utilisées	50
Tableau N° IX : Composition des boissons formulée pour 300ml	55
Tableau N° X : les coefficients des acides (AFNOR, 1986)	60
Tableau N° XI : représentation simplifiée des germes recherchés	66
Tableau N° XII : Résultats des analyses physico-chimiques des boissons formulées au moment de la formulation	74
Tableau N° XIII : Les résultats des analyses physico-chimiques des boissons formulées après 21 jours	75
Tableau N° XIV : résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur l'acidité titrable	79
Tableau N° XV : les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur la vitamine C	81
Tableau N°XVI : les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur les sucres réducteurs	82
Tableau N°XVII : les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur les sucres totaux	83
Tableau N° XIIX : les résultats de l'analyse de la variance l'influence de la composition et le temps de stockage sur les pectines	84

Tableau N° XIX : Résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur la teneur en polyphénols	86
Tableau N° XX : Résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur l'activité antioxydante	88
Tableau N° XXI : Résultats des analyses microbiologiques des boissons formulées après 21 jours de stockage à l'air ambiant.....	89

Figure N° 1 : Photographie de la fleur du grenadier	6
Figure N° 2 : Photographie du fruit du grenadier et ses baies	7
Figure N° 3 : Formation du fruit chez le Pommier.....	18
Figure N° 4 : Les différentes couleurs et variétés de pomme.....	18
Figure N° 5 : Schéma général du processus de fabrication des nectars de fruits à l'échelle industrielle	35
Figure N° 6 : Schéma général de la réaction de Maillard	45
Figure N° 7 : Réaction générale des polyphénoloxydases	46
Figure N° 8 : Photographie des grenades utilisées	49
Figure N° 9 : Photographie des pommes utilisées	50
Figure N° 10 : Résumé des principales étapes d'obtention de jus de grenade pur	52
Figure N° 11 : Résumé des principales étapes d'obtention de jus de pomme	54
Figure N° 12 : Les étapes de fabrication de la boisson.....	56
Figure N° 13 : Photographie des boissons formulées	57
Figure N° 14 : Schéma de la préparation des dilutions décimales	67
Figure N° 15 : Résultats de degré Brix° des boissons formulées à t=0 jour et à t=21 jours	77
Figure N° 16 : Résultats de PH des boissons formulées à t=0 jour et à t=21 jours	78
Figure N° 17 : Résultats de l'acidité titrable des boissons formulée à t=0 jours et t=21 jours... ..	79
Figure N° 18 : Résultats de la vitamine C des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours.....	81
Figure N° 19 : Résultats des sucres réducteurs et des sucres totaux des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours	83
Figure N° 20 : Résultats des pectines des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours	85

Figure N°21 : Résultats des polyphénols des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours	86
Figure N°22 : Résultats de l'activité antioxydante des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours	88
Figure N°23 : Résultats d'analyse sensorielle pour la couleur	91
Figure N°24 : Résultats d'analyse sensorielle pour la consistance	91
Figure N°25 : Résultats d'analyse sensorielle pour l'odeur	92
Figure N°26 : Résultats d'analyse sensorielle pour le goût	93
Figure N°27 : Résultats d'analyse sensorielle pour le goût sucré	93
Figure N°28 : Résultats d'analyse sensorielle pour le goût acide	94
Figure N°29 : Résultats d'analyse sensorielle pour la Pulposité	95

Introduction générale

La nutrition est une discipline qui peut paraître complexe ; pourtant elle comporte deux règles simples : modération et variété, qui s'appliquent parfaitement aux jus de fruits **(LECERF, 2003)**.

Longtemps, les fruits sont restés de délicieuses denrées dont la consommation était assujettie aux changements de saisons. Si l'homme a trouvé le moyen d'en conserver certains (vin et cidre issus de la fermentation du raisin et des pommes, confitures, fruits sèches), la fabrication de jus de fruits est restée totalement artisanale jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle. La transformation des fruits en jus a toujours eu pour objectif de prolonger la durée de consommation d'un fruit au-delà de sa saison et de profiter ainsi toute l'année de ses qualités nutritionnelles **(ANONYME, 2006)**.

Les jus de fruits dont la composition est identique à celle des fruits, appartiennent au groupe des fruits et légumes, ce sont des aliments à boire, ils partagent ainsi avec le lait et la soupe le privilège d'être des aliments boissons **(LECERF, 2003)**.

L'obtention de jus de fruits prêt à être consommé nécessite une succession d'opérations unitaires qui doivent être optimisées pour assurer un niveau de productivité suffisante sans nuire, ni à la qualité des produits, ni à la sécurité du consommateur **(GUY et al., 2002)**.

Les jus de fruits occupent une place importante dans l'alimentation humaine qui se justifie par leur valeur gustative, nutritionnelle et thérapeutique **(ARA et al., 2008)**. Toute filière industrielle agroalimentaire est donc consciente de l'importance de la qualité des produits, qui présente un enjeu ; à la fois ; sanitaire et commerciale majeur.

Depuis quelques années, la grenade (*Punica granatum* L), fruit consommé depuis des millénaires, connaît un regain d'intérêt sans précédent, à la fois auprès des scientifiques et des consommateurs. En effet, ce fruit, en plus de sa grande valeur nutritionnelle, constitue une source importante de minéraux, de vitamines et de polyphénols composés essentiellement de tanins, d'anthocyanes et de flavonoïdes, de nombreux travaux ont été réalisés sur ce fruit, qui tendent à démontrer que les polyphénols de grenade posséderaient des propriétés antioxydants, anti-inflammatoires, antiprolifératives et antibactériennes intéressantes. De part sa teneur en antioxydants, ce fruit est recommandé dans l'alimentation pour prévenir certaines maladies. De nombreuses recherches scientifiques dans ce sens sont

menées et ont pour certaines déjà livré des résultats plus qu'intéressant (**BOUSALAH et al., 2012**).

Le fruit est agréable et rafraîchissant, mais malheureusement sa disponibilité est limitée en quelques mois, d'où la nécessité de le conservé sous d'autre formes, toute en essayons de garder le maximum de ses caractéristiques et ses effets. En outre de sa disponibilité, les limites de la consommation de ce fruit et/ou de son jus sont : leur prix élevé, leur fragilité et leur courte durée de conservation (**CENDRE, 2010**).

Dans notre travail, nous contribuerons à une réalisation d'une boisson type cocktail à base de jus de grenade et de jus de pomme afin d'évaluer ses qualité physico-chimiques, microbiologiques et sa stabilité dans le temps.

PARTIE I
Etude
Bibliographique

CHAPITRE I

La Grenade

I.1 Historique et origine de la grenade

La grenade (*Punica granatum* L., Punicaceae) est une plante et un fruit anciens et bien-aimés. Le nom «grenade» suit le nom latin du fruit *Malum granatum*, qui signifie «pomme granuleuse». Le nom générique *Punica* se réfère à *Phoenicia* (Carthage) à la suite d'une supposition erronée concernant son origine. La grenade et son utilisation sont profondément ancrées dans l'histoire humaine, et l'utilisation se trouve dans de nombreuses cultures humaines anciennes comme nourriture et comme remède médical. Malgré cela, la culture de la grenade a toujours été restreinte et généralement considérée comme une culture mineure. Le grenadier nécessite une longue saison chaude et sèche afin de produire un bon rendement de fruits de haute qualité (LARROSA et al., 2010).

Les grenades sont originaires de l'Asie centrale, mais comme le grenadier s'adapte très bien à un large éventail de climats et de conditions de sol, il est cultivé dans de nombreuses régions géographiques différentes, notamment le bassin méditerranéen, l'Asie et la Californie (LEE et al., 2010).

Des découvertes scientifiques récentes corroborent l'utilisation traditionnelle de la grenade comme remède médical et indiquent que les fruits, fleurs, écorces et feuilles de grenade contiennent des substances phytochimiques bioactives qui sont antimicrobiennes, réduisent la tension artérielle et agissent contre les maladies graves comme le diabète et le cancer. Ces découvertes ont conduit à une plus grande sensibilisation du public aux bénéfices du fruit de la grenade, en particulier dans le monde occidental, et par conséquent à une augmentation importante de la consommation de ses fruits et jus (LANSKY et NEWMAN, 2007).

Le développement de méthodes industrielles pour séparer les arilles des fruits et l'amélioration des techniques de culture ont conduit à un élargissement impressionnant de l'étendue des vergers de grenade. De nouveaux vergers sont maintenant plantés dans les régions de culture traditionnelles ainsi que dans l'hémisphère sud en Amérique du Sud, en Afrique du Sud et en Australie (SEERAM et al., 2006).

I.2 Production de la grenade

I.2.1 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.2.2 Production nationale

Le grenadier, culture connue depuis des millénaires en Algérie, et considéré comme une espèce fruitière secondaire, prend de plus en plus d'envergure ces dernières années (**KACI MEZIANE, 2015**).

Les services agricoles de la wilaya d'Ouargla estiment que la superficie occupée par le grenadier à l'échelle de la wilaya représente 106 ha, avec un total de 10600 grenadiers plantés et une production totale de 2392 qx en 2015 ; le rendement moyen étant de 26 qx/ha. (**ALLAM, 2015**).

La grenade de Messaoud de la Wilaya de Djelfa est une marque déposée de renommée mondiale, sur le double plan de la qualité du goût et de la multitude de ses variétés. Selon les données fournies par les services agricoles de Djelfa, la wilaya a réalisé une production de plus de 117.700 qx de grenade, dont le lancement se fait, annuellement, au début de l'automne (**ANONYME 1, 2016**).

Selon la direction des services agricoles de M'sila, la production de grenade s'est «sensiblement» accrue pour atteindre 90.000 quintaux (**ANONYME 2, 2015**).

I.3 Classification de la grenade

I.3.1 classification botanique

Au XVIIIème siècle, Carl Von Linné (1707-1778), considéré comme le père de la taxonomie, invente une classification basée sur les différences des organes sexuels : 24 classes réparties selon le nombre de styles et selon le nombre, l'assemblage et la longueur des étamines. En 1998, une nouvelle classification des angiospermes, c'est-à-dire des plantes à graines, a été créée par un groupe de botanistes, l'Angiospermes PhylogenyGroup ou APG. Cette classification phylogénétique réorganise le règne végétal en fonction de critères

moléculaires, s'intéressant essentiellement à l'ADN de deux gènes chloroplastiques et d'un gène nucléaire de ribosome (SPICHIGER et al., 2004).

Règne :	Végétale
Sous Règne :	Trachéobionta
Embranchement :	Spermatophytes
Sous Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Magnoliopsida
Sous classe :	Rosidae
Ordre :	Myrtales
Famille :	Punicaceae
Genre :	Punica L.
Espèce :	Punica granatum L.

(PHIL, 2005).

I.3.2 Classification variétale

Il existe un grand nombre de variétés de grenades qui ne se différencient pas seulement par leur morphologie, mais aussi par leur composition physicochimique, en particulier par leur teneur en sucre, en acide, en vitamine C, en polyphénols et leur rendement en jus. Selon cette composition en sucre et en acide, les variétés sont souvent réparties en grenades aigres, aigres-douces et douces (CEMEROGLU et al., 1992 ; MELGAREJO et al., 2000).

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. Les variétés les plus cultivées en Oranie seraient : *Tendral* (appelée *Molla*), *Blanca*, *Si Hueso*, *Colorado*. Plusieurs sortes de grenadier sont signalées dans des petits jardins en Kabylie, on ne connaît que leur appellation locale (*Lahlou*, *Elmouze*, ..) (CHOUAKI et al., 2006).

I.4 Description morphologique de la plante

La grenade est un arbuste qui tend naturellement à développer plusieurs troncs et a une apparence buissonnante. Lorsqu'il est domestiqué, il est cultivé comme un petit arbre qui peut atteindre 5 m. Dans des conditions naturelles, il peut parfois atteindre plus de 7 m; à l'autre extrême, dans un environnement naturel sévère, on peut trouver des variétés de brousses rampantes (LEVIN 2006). En outre, il existe des cultivars nains qui ne dépassent pas 1,5 m (LEVIN 1985, 2006, LIU 2003).

Le grenadier s'adapte au climat méditerranéen, il possède également une bonne résistance au froid. En effet, il survivra à des températures de l'ordre de -12 à -15 °C (SHEETE et al., 2004).

I.4.1 Fleurs :

La floraison a lieu environ 1 mois après le débourrement sur les branches nouvellement développées de la même année, principalement sur des éperons ou des branches courtes. Les fleurs peuvent apparaître solitaires, en paires ou en grappes. Dans la plupart des cas, les fleurs solitaires apparaissent sur les éperons le long des branches alors que les grappes sont terminales (**figure N° 1**). Dans l'hémisphère nord, la floraison a lieu en Avril-Mai. Cependant, la floraison peut continuer jusqu'à la fin de l'été, particulièrement chez les jeunes arbres. Ces fleurs sont fertiles, mais les fruits ne mûriront pas correctement parce que les arbres entrent dans la saison plus fraîche et la période de dormance dans les conditions climatiques méditerranéennes. La floraison et les fruits qui en résultent durent environ un mois. Pendant cette période, il y a trois vagues de floraison (SHULMAN et al 1984, MARS, 2000). Dans les cultivars à feuilles persistantes du sud de l'Inde, la saison de floraison a été observée en trois périodes: Juin, Octobre et Mars (NALWADI et al., 1973) ou tout au long de l'année (HAYES, 1957).



Figure N° 1 : photographie de la fleur du grenadier

I.4.2 Fruit

Le grenadier, bien conduit entre en production à partir de la quatrième année. Il est déconseillé de cueillir par temps humide, car les fruits risquent également de se fendre. Selon les variétés, la période de maturité des grenades a lieu entre la fin du mois d'août et de décembre (MELGAREJO, 1993). Ses fruits, les grenades, contiennent en moyenne 600 graines pulpeuses. La grenade est une grosse baie ronde, de la taille d'une grosse orange, à écorce dure et coriace, de couleur rouge ou jaune beige, qui renferme de nombreux pépins de couleur rose à rouge (figure N° 2). Seuls ses pépins sont comestibles, soit environ la moitié du fruit. Dans chaque pépin, la graine est enrobée d'une pulpe gélatineuse de chair rouge transparente, sucrée chez les variétés améliorées, sinon d'un goût plutôt âcre (BEN ABDENNEBI, 2012).



Figure N° 2: photographie du fruit du grenadier et ses baies

I.5 Composition physicochimique du grenadier

Le fruit de la grenade a des composés précieux dans différentes parties du fruit. Ceux-ci peuvent être divisés en plusieurs origines anatomiques: peau, graines et arilles. Un autre produit important obtenu à partir de la grenade est le jus qui peut être obtenu à partir d'arilles ou de fruits entiers (FADAFI et al., 2005).

La composition physico-chimique des fruits varie en fonction du cultivar, de la région de croissance, du climat, de la maturité, des pratiques culturales et des conditions de stockage (POYRAZOGLU et al., 2002, BARZEGAR et al., 2004).

I.5.1 Caractéristiques physiques des fruits

Le poids des grenades varie généralement selon l'origine et le cultivar entre 163 et 2.16g. De point de vue botanique, le fruit de grenadier se compose de 3 parties : l'épiderme (écorce), les arilles et les pépins. La proportion de l'épiderme qui est la partie extérieure du fruit représente 28 à 32% du poids total du fruit, alors que le taux de graines varie de 55 à 60% du poids total du fruit (**AL-MAIMAN et AHMED ,2002. OUKABLI et al., 2004**).

Dans une autre étude concernant des cultivars iraniens, le poids du fruit varie entre 197g et 315g, le pourcentage en arilles est compris entre 38 à 65% du poids total de fruit, l'écorce (32.28-59.82%), les pépins (9.44-20.55%) et le jus (26.95-46.55 ml/100g du fruit) (**TEHANIFAR et al., 2010**).

I.5.2 Caractéristiques chimiques du grenadier et de son fruit

La composition chimique des différentes parties du grenadier et de son fruit sont représentées dans les tableaux ci-dessous : **Tableau N° I et Tableau N° II**

Tableau N° I : Principaux constituants des différentes parties du grenadier et de son fruit

Composant végétal	Constituants	Référence
Jus de grenade	Anthocyanes, glucose, acide organique, acide ascorbique, acide gallique, acide caféique, catéchine, quercétine, rutine, minéraux	JAISWAL et al (2010)
Huile de graine de grenade	Acide linoléique conjugué, acide linoléique, acide oléique, acide stéarique, acide punicique, acide éléostéarique, acide catalpique	SASSANO et al (2009)
Écorce de grenade	Lutéoline, quercétine, kaempférol, gallagique, glycosides EA, EA, punicalagine, punicaline, pédoncule	SEERAM et al (2005)
Feuilles de grenade	Acides gras	LAN et al (2009)
Fleur de grenadier	Polyphénols, punicalagin, punicalin	AVIRAM et al (2008)
Racines de grenade et écorce	Alcaloïdes	GIL et al (2000)

Tableau N°II : la composition chimique du fruit de grenadier (FAVIER et al., 1993).

Constituants	Unité	Minimum	moyenne	Maximum
Proportion comestible	%	35.0	56.0	65.0
Energie	Kcal/100g	-	60.0	-
Eau	g/100g	72.6	80.2	84.0
Protéines	g/100g	0.3	1.0	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	-	7.0	-
· Saccharose	g/100g	-	0.4	-
· Amidon	g/100g	-	0.0	-
Fibres alimentaires	g/100g	3.1	3.5	6.4
Sodium	mg/100g	2.0	4.0	7.0
Potassium	mg/100g	200.0	247.0	380.0
Calcium	mg/100g	3.0	13	28.0
Magnésium	mg/100g	3.0	6.0	11.0
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	8.0	25.0	37.0
B-carotène	µg/100g	31.0	40.0	65.0
Vitamine C	mg/100g	4.0	20.0	29.0
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	0.4
Acide pantothénique	mg/100g	0.6	0.6	0.6
Vitamine B6	mg/100g	0.1	0.2	0.3
Acide malique	mg/100g	100.0	170.0	500.0
Acide citrique	mg/100g	500.0	800.0	1700.0

I.5.3 Les nutriments les plus importants de la grenade

I.5.3.1 Les vitamines

➤ **La vitamine C :**

La vitamine C domine l'apport vitaminique de la grenade avec une valeur de 6.1 mg/100g de la partie comestible de ce fruit. Elle a pour rôle de participer dans les réactions d'oxydoréduction par la perte ou par la réintégration d'atomes d'hydrogène dans un équilibre entre les formes oxydées et réduites, et d'agir comme un piègeur efficace du radical super-oxyde.

La vitamine C confère à la grenade ; avec les polyphénols (anthocyanines, flavonoïdes ...etc.) ; un pouvoir antioxydant puissant qui est trois fois plus élevé que celui du vin (MARIA et al., 2000).

➤ **La vitamine B5**

La vitamine B5, aussi appelée l'acide pantothénique, fait partie d'un coenzyme clé permettant à l'organisme d'utiliser de façon adéquate l'énergie issue des aliments ingérés. Elle participe également à plusieurs étapes de la fabrication des hormones stéroïdiennes, des neurotransmetteurs (messagers dans l'influx nerveux) et de l'hémoglobine (MARIA et al., 2000).

➤ **La vitamine B6**

La grenade est une source de vitamine B6. Cette dernière est aussi appelée la « pyridoxine », elle fait partie des coenzymes qui participent au métabolisme des protéines et des acides gras ainsi qu'à la sécrétion des neurotransmetteurs (messagers dans l'influx nerveux). Elle collabore également à la fabrication des globules rouges et leurs permet de transporter l'oxygène.

La vitamine B6 est également nécessaire à la transformation du glycogène en glucose et elle contribue au bon fonctionnement du système immunitaire (OZGUVEN et al. 1997).

I.5.3.2 les minéraux

Sont assez abondants (700 mg pour 100g) et sont dominés par le potassium et des quantités beaucoup moins importants en : Phosphore, Calcium, Magnésium et Sodium.

D'autres figurent à des taux non négligeables tel que le Fer, le Zinc, le Cuivre et le Sélénium (ANONYME 3, 2013).

I.6 Effets thérapeutiques de la grenade

I.6.1 Effet antimicrobien

Les polyphénols de grenade ont des effets antiviraux et antimicrobiens intéressants. Le jus de grenade contient des inhibiteurs d'entrée du HIV-1 qui peuvent être isolés par adsorption sur de l'amidon de maïs. L'étude de ce complexe montre qu'il bloque la liaison du virus avec certains récepteurs cellulaires (NEURATH et al., 2004).

PRASHANTH et al. (2001) ont étudié, *in vitro*, l'action de différents extraits d'écorce de grenade (péricarpe) sur six espèces bactériennes : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhi*. Les extraits d'écorce de grenade employés sont obtenus à partir de solvants différents, permettant d'isoler les divers principes actifs de ce fruit. Ainsi, en utilisant comme solvant l'eau à température ambiante. Il y aura isolement des tanins et d'autres composés phénoliques, tandis qu'avec le méthanol, des tanins et des alcaloïdes sont extraits. Toutefois, le chloroforme permet d'extraire les alcaloïdes et enfin avec l'éther de pétrole, des stérols. Les résultats de cette étude ont montré que tous les extraits testés présentent une activité antibactérienne, quelle que soit l'espèce bactérienne cultivée. Néanmoins, l'extrait méthanolique semble posséder une activité antibactérienne plus importante que les autres extraits, essentiellement sur *S. aureus*, *P. vulgaris* et *B. subtilis*.

I.6.2 Effets anti-cancérigènes

Les cellules cancéreuses ont la capacité de redevenir des cellules saines par un processus appelé différenciation. Les flavonoïdes peuvent induire cette différenciation avec une toxicité plus faible que les rétinoïdes, ce qui les rend intéressants pour le traitement de la leucémie, mais aussi pour la lutte contre le cancer de la prostate, mais aussi contre d'autres types de cancer tels que celui de l'intestin et du sein (MADLENER et al., 2006 ; ADAMS et al., 2006 ; ACKLAND et al., 2005).

Les fractions riches en polyphénols de grenade ont une activité antiproliférative, anti-invasive, antiéicosanoïde, antiangiogène et pro-apoptotique sur des cellules cancéreuses de sein et de prostate. Une étude réalisée sur des promyélocytes humains de leucémie (HL-60)

montre que des extraits riches en flavonoïdes, obtenus l'un à partir de jus de grenade fermenté et l'autre à partir de péricarpe de grenade, sont fortement promoteurs de différenciation, alors que l'extrait de jus de grenade frais a un effet plutôt faible. Les extraits de grenade ont aussi une action inhibitrice de la prolifération des cellules cancéreuses, les extraits de jus fermenté et de peau de grenade étant plus efficaces (**KAWAII et LANSKY, 2004**).

L'acide ellagique, l'acide caféique, la lutéoline et l'acide punicique sont des molécules présentes dans la grenade et elles sont testées en tant qu'inhibiteurs de la croissance in vitro de cellules cancéreuses humaines de prostate (PC-3). Chaque molécule et à une concentration de 4 mg/ml inhibe, de manière significative, la prolifération des cellules cancéreuses et lorsque l'acide caféique, l'acide pucinique et la lutéoline sont utilisés en combinaison aux mêmes concentrations, une inhibition supplémentaire est observée (**LANSKY et al., 2005**).

Les différents antioxydants du jus de grenade agissent de manière synergique, puisque le jus de grenade a une activité antioxydante plus élevée qu'un extrait de tanins totaux de grenade, que la punicalagine seule ou que l'acide ellagique seul. Ainsi, le jus de grenade a la plus forte activité antiproliférative sur des lignes cellulaires de cancer du côlon (inhibition de 30 à 100 %) (**SEERAM et al., 2005**).

I.6.3 Effets antioxydants

Les effets bénéfiques sur la santé qui sont attribués à la consommation de fruits et de légumes sont, au moins en partie, liés à leurs activités antioxydantes. En effet, chez les végétaux comestibles, nous comptons plusieurs centaines de molécules antioxydantes.

Parmi les plus connus de ces antioxydants naturels, nous trouvons la vitamine C, la vitamine E, les caroténoïdes (β -carotène et lycopène) et les polyphénols (tanins, flavonoïdes, anthocyanes). Les grenades sont parmi les fruits les plus riches en vitamine C et en composés phénoliques et surtout en anthocyanines et acides phénoliques (**EI- NEMR et al., 1992**).

Pour qu'un composé soit défini comme antioxydant, il doit satisfaire deux conditions :

1. Présent à faible concentration par rapport au substrat susceptible à oxyder, il doit retarder ou empêcher l'oxydation causée par des radicaux libres.
2. Les radicaux libres neutralisés par ce composé doivent former une entité stable, afin d'interrompre la chaîne des réactions d'oxydation.

La composition des différentes parties du grenadier a montré l'existence de plusieurs types de polyphénols ayant des propriétés antioxydantes très importantes à savoir les tanins que l'on trouve en concentration très élevée dans les tiges et l'écorce du grenadier (**SEERAM et al., 2006**).

I.6.4 inhibition de l'oxydation des LDL

Les polyphénols de jus de grenade protègent les LDL contre l'oxydation à médiation cellulaire via deux mécanismes qui mettent en jeu une interaction directe des polyphénols avec la lipoprotéine et/ou une action indirecte liée à l'accumulation des polyphénols dans les macrophages artériels. Il a ainsi été démontré que les polyphénols de grenade inhibent l'oxydation des LDL en détruisant les espèces réactives de l'oxygène et de l'azote.

Par ailleurs, les polyphénols de grenade augmentent l'activité paraoxonase sérique, ce qui entraîne l'hydrolyse des peroxydes lipidiques dans les lipoprotéines oxydées et dans les lésions athérosclérotiques. Ces propriétés antioxydantes et antiathérogènes des polyphénols de grenade ont été démontrées *in vitro* ainsi qu'*in vivo* chez l'être humain et chez la souris athérosclérotique déficiente en apolipoprotéine E (**AVIRAM et al., 2002**).

I.6.5 Effets antidiabétiques

Le diabète est la maladie métabolique la plus fréquente dans le monde et continue d'augmenter. La Fédération du diabète a rapporté que 194 millions de personnes souffraient de diabète en 2003, chiffre qui passera à 333 millions d'ici 2025 (**SICREE et al 2003**). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, c'est la troisième maladie la plus répandue après les troubles cardiovasculaires et oncologiques. L'un des moyens de contrôler le diabète sucré passe par l'alimentation et c'est ici que les fruits et les dérivés de la grenade peuvent jouer à part. En effet, de nombreuses études ont décrit leur activité antidiabétique (**LI et al 2005, KATZ et al 2007, LI et al 2008, PARMAR et KAR 2007, BAGRI et al 2009**).

Par exemple, **KATZ et al. (2007)** ont rapporté l'activité hypoglycémique des fleurs, des graines et du jus de grenade. Les mécanismes pour de tels effets sont en grande partie inconnus, bien que la recherche récente suggère que les fleurs et le jus de grenade puissent empêcher des séquelles diabétiques via la liaison de récepteur-activé par proliférateur-peroxysome et la production d'oxyde nitrique. Les composés de grenade associés aux effets antidiabétiques comprennent les acides oléanolique, ursolique et gallique. **LI et al (2005)** suggèrent que l'extrait de fleur de grenade améliore l'hyperglycémie postprandiale dans le

diabète de type 2 et l'obésité, au moins en partie, en inhibant l'activité de l' α -glucosidase intestinale.

PARMAR et KAR (2007) ont rapporté que l'administration de 200 mg / kg d'extrait de peau de grenade normalisait tous les effets indésirables induits par l'Alloxan, un composé largement utilisé pour induire le diabète sucré, car il augmente les taux sériques d'activité du glucose et de l' α -amylase. Le taux de consommation d'eau et de peroxydation lipidique dans les tissus hépatiques, cardiaques et rénaux, tout en diminuant les taux sériques d'insuline (**SZKUDELSKI 2001**), soulignant le potentiel antidiabétique et antioxydant des extraits de peau de grenade. **DAS et al. (2001)** ont étudié l'activité hypoglycémique de l'extrait de graine de grenade chez des rats rendus diabétiques par la streptozotocine. L'extrait de graine (300 et 600 mg / kg, par voie orale) a provoqué une réduction significative des taux de glucose dans le sang chez les rats diabétiques induits de 47% et 52%, respectivement, après 12 h.

Les principaux composés qui présentent des propriétés antidiabétiques sont les polyphénols, qui peuvent affecter la glycémie par différents mécanismes, y compris l'inhibition de l'absorption du glucose dans l'intestin ou de son absorption par les tissus périphériques (**SCALBERT et al., 2005**). Les effets hypoglycémiantes des anthocyanes diacétylés dans une posologie de 10 mg / kg ont été observés lorsque le maltose était la source de glucose, mais pas avec le saccharose ou le glucose lui-même (**MATSUI et al., 2002**).

I.6.6 La prévention de maladies cardiovasculaires

L'un des principaux facteurs de risque de maladie coronarienne est la dyslipidémie, caractérisée principalement par des taux élevés de cholestérol à lipoprotéines de basse densité (LDL-C) et / ou de cholestérol à lipoprotéines de haute densité (HDL-C) (**ESMAILZADEH et AZADBAKHT 2008**). On pense que l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) contribue à l'athérosclérose et aux maladies cardiovasculaires (**HEINECKE, 2006**). On pense que l'oxydation des lipides LDL rend la lipoprotéine athérogène, car les LDL oxydés sont plus facilement absorbés par les macrophages via les récepteurs éboueurs (**HEINECKE, 1998**).

Des études épidémiologiques ont montré que des concentrations élevées de cholestérol total sérique et de C-LDL sont des facteurs de risque indépendants de maladie cardiovasculaire (**RUSSO et al., 2008**) et pourraient produire de l'athérosclérose. L'athérosclérose, une maladie dégénérative majeure des artères, implique une série de modifications inflammatoires et oxydatives dans la paroi artérielle (**FAN et WATANABE,**

2003). L'excès oxydatif dans le système vasculaire réduit les niveaux de l'oxyde nitrique vasodilatateur, provoque des lésions tissulaires, favorise l'oxydation des protéines et les dommages à l'ADN, et induit des réponses pro-inflammatoires (**XU et TOUYZ, 2006**). Le stress oxydatif induit une inflammation en agissant sur les voies qui génèrent des médiateurs inflammatoires comme les molécules d'adhésion et les cytokines pro-inflammatoires (**VALKO et al, 2007**).

AVIRAM et al. (2000) ont analysé l'effet de la consommation de jus de grenade sur l'oxydation des lipoprotéines et ont constaté une diminution de la susceptibilité aux LDL à l'agrégation et à la rétention et une augmentation de 20% de la paraoxonase sérique (une estérase associée au HDL qui peut protéger contre la peroxydation lipidique).

L'activité protectrice des polyphénols apportée par l'alimentation contre les maladies cardio-vasculaires est due à leur capacité à inhiber l'oxydation des LDL, la formation des macrophages et l'athérosclérose (**AVIRAM et al., 2002**).

CHAPITRE II

La Pomme

II.1 Introduction

Les pommes sont parmi les fruits les plus consommés dans divers pays. Elles sont largement consommées fraîches ou sous formes transformées, telles que les jus et les pommes séchées (BOYER et LIU., 2014).

La production mondiale de pommes de table devrait continuer à rester excédentaire (64 millions de tonnes) par rapport à la consommation (51 millions de tonnes) (FAOSTAT, 2007). En effet, aujourd'hui, les pommes utilisées pour la transformation correspondent essentiellement à des écarts de production initialement destinés au marché du frais. De plus, les nouvelles variétés de pommes produites sont destinées en forte majorité au marché de la pomme de table.

Les principales filières de transformation des fruits concernent les conserves appertisées, les fruits stabilisés par déshydratation, surgélation ou confisage, et enfin les jus de fruits (ALBAGNAG *et al.*, 2002). L'innovation dans la filière porte sur la conception de produits dans lesquels un maintien des bienfaits nutritionnels des fruits frais est assuré, mais également une qualité organoleptique satisfaisante.

II.2 Description du fruit

La pomme, issue du pommier (*Malus domestica Borkh.*) ; angiosperme appartenant à la famille des Rosacées, sous famille des Maloïdées (arbres fruitiers à pépins) ; est un fruit charnu, de forme quasi-sphérique à pulpe homogène intermédiaire entre une drupe et une baie (Figure 1a). Elle est cultivée dans les zones tempérées avec une concentration dans les régions de l'hémisphère nord entre les latitudes 30 et 60° ; elle serait originaire de l'Asie de l'Ouest. A maturité, en partant de l'extérieur, le fruit du pommier est constitué (Figure 1b) de trois zones (FIGURE N° 3) (BONDOU, 1992) :

- L'épiderme (peau), zone où les cellules sont surmontées par la cuticule ;
- Le mésocarpe ou parenchyme (chair), zone constituée de plusieurs couches de cellules allongées dans le sens tangentiel et à paroi épaisse ;
- L'endocarpe, zone profonde contenant les pépins, aussi appelé le trognon.

Le mésocarpe occupe la majeure partie du fruit ; c'est le tissu le plus consommé. Les cellules des différents tissus sont constituées de plastes, de pigments assimilateurs (chlorophylles, caroténoïdes) et d'une vacuole qui occupe 80 à 90% du volume

cellulaire. Les vacuoles concentrent la majorité des composés phénoliques du fruit. Les cellules sont par ailleurs entourées d'une paroi semi rigide et complexe caractéristique des végétaux.

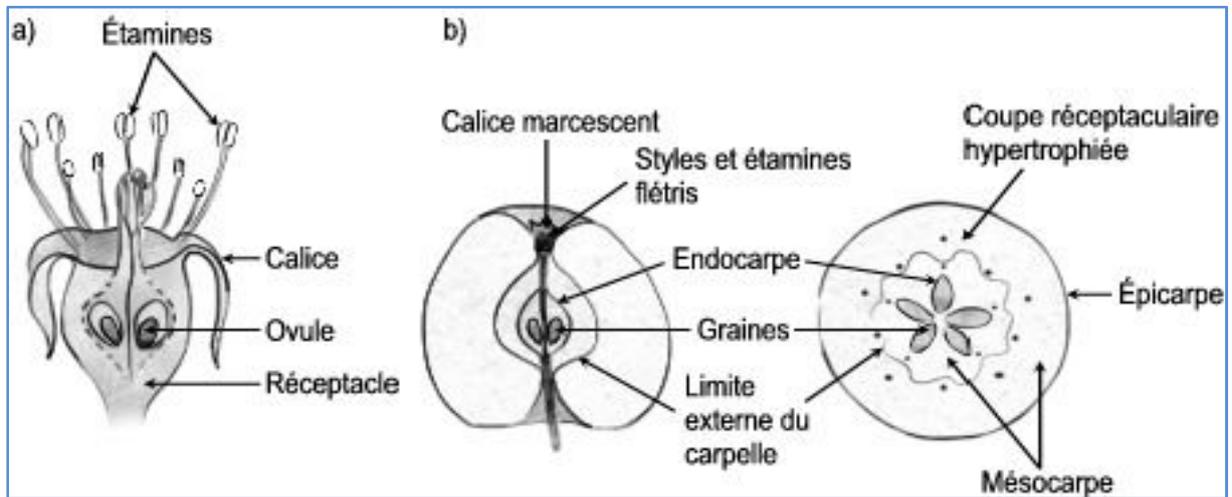


Figure N° 3 : Formation du fruit chez le Pommier : (a) fleur flétrie en coupe longitudinale, (b) fruit en coupe longitudinale et en coupe transversale (HELLIER et al., 2000).

La couleur de la pomme à maturité s'étend du vert « pomme » au rouge plus ou moins foncé en passant par une grande diversité de nuances de vert pâle, jaune, orangé ou de couleurs plus ou moins panachées (figure N° 4) (GUILLOTIN, 2005).



Figure N° 4: les différentes couleurs et variétés de pomme (GUILLOTIN, 2005).

II.3 La texture de la pomme

II.3.1 Définition

La texture est une notion complexe à définir car elle fait intervenir de nombreuses composantes. D'après la norme **ISO 5492 : 1992 (AFNOR 2002)**, la texture correspond à l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques, et de surface d'un produit perceptibles par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles et éventuellement par les récepteurs visuels et auditifs.

II.3.2 Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques sont celles liées au comportement du produit lorsqu'il est soumis à une contrainte. Elles comprennent 5 caractéristiques primaires (**AFNOR, 2002**) :

- La dureté : liée à la force nécessaire pour déformer un produit ;
- La cohésion : niveau de déformation maximal du produit avant sa rupture sous la contrainte ;
- La viscosité : résistance d'un produit à l'écoulement, force nécessaire pour aspirer un produit dans une cuillère, ou pour l'appliquer sur un substrat ;
- L'élasticité : propriété mécanique en relation avec la rapidité de récupération d'un produit après application d'une force déformante, et avec la façon dont le matériau déformé retrouve sa condition initiale après que la force déformante ait cessé ;
- L'adhérence : force nécessaire pour ôter un produit qui adhère à la cavité buccale ou un autre substrat.

II.3.3 Propriétés géométriques

Les propriétés géométriques sont liées aux dimensions, à la forme, et à l'arrangement des particules dans un produit (**AFNOR 2002**).

II.3.4 Propriétés organoleptiques

Les termes organoleptiques utilisés généralement pour définir les composantes texturales de la pomme sont la fermeté, la farinosité, la jutosité, le croquant, le granuleux (**Harker et al., 2000**). Ces paramètres sont dépendants de la structure du fruit, des tissus, de la pression osmotique des cellules, l'adhésion cellulaire, la rigidité et l'élasticité des parois cellulaires (**WALDRON, et al., 2003**).

II.3.5 Propriétés biochimiques

II.3.5.1 La paroi cellulaire

La paroi cellulaire est l'enveloppe la plus externe de la cellule végétale. Pour sa grande part, la paroi est de nature polysaccharidique : elle est composée de glucides (90% du poids de matière sèche) et de protéines (10% du poids de matière sèche) (CAMEFORT, 1996). On distingue plusieurs régions (ROUDOT, 2002) :

- La lamelle moyenne, est la formation la plus périphérique. Elle forme un ciment polysaccharidique acide ; la pectine.
- La couche sous-jacente formant la paroi primaire fine et élastique. Elle est hydrophile et riche en hémicellulose.
- La paroi secondaire est peu hydratée, la charpente fibrillaire y toujours très compact et la cellulose y est hautement cristalline.

II.3.5.2 Composition

La classification des polymères pariétaux est historiquement basée sur la structure chimique d'une part et d'une autre part sur la solubilité (STIEVENARD et LEBRUN, 1996). On distingue donc trois polysaccharides dans la paroi :

- La cellulose : insoluble dans l'eau, les bases ou acides ;
- Les hémicellulose : soluble en solutions alcalines diluées ;
- Les pectines : solubles dans l'eau et certaines solutions d'agents chélateurs du calcium.

II.4 La composition de la pomme

La pomme fraîche est un fruit de composition variée (Tableau N°III) principalement constitué d'eau (85,6%), et de glucides (13,8%) (USDA 2008). Elle est particulièrement riche en fibres avec une teneur moyenne de 2,4g/100g, en sels minéraux, vitamines et acides organiques. Il est important de noter que ce tableau ne présente que la composition chimique moyenne du fruit et que celle-ci est susceptible d'être modifiée en fonction des variétés, du degré de maturité des fruits, de ses conditions de production et de stockage. Par ailleurs, la pomme est reconnue comme un produit ayant des bienfaits pour la santé car en plus de sa

teneur élevée en fibres, des composés phénoliques sont présents en grande quantité dans sa chair et dans sa peau (180 mg équivalent acide gallique/100g fruit frais) (BRAT *et al.*, 2006).

Tableau N° III : composition moyenne d'une pomme à maturité (USDA 2008).

Composition pour 100 g de fruit frais				
Composants (g)	Minéraux : (mg)	Vitamines et provitamines (mg)		Lipides (g)
Eau 85,6	Calcium 6	Vit A	3×10^{-3}	Ac. gras saturés totaux
Protéines 0,26	Cuivre 0,027	Vit C	5.0	
Lipides 0,17	Fer 0,12	Vit B-6	$4,1 \times 10^{-2}$	14:0 1×10^{-3}
Glucides 13,81	Magnésium 5	Choline, total	3,4	16:0 $2,4 \times 10^{-2}$
Fibres 2,4	Phosphore 11	Vit E, α -tocophérol	18×10^{-2}	18:0 3×10^{-3}
Acides organiques 0,6	Potassium 107	Folate	3×10^{-3}	Ac. gras mono insaturés totaux
	Sodium 1	Vit K	$2,2 \times 10^{-3}$	
	Zinc 0.04	Riboflavine	$2,6 \times 10^{-2}$	Ac gras poly insaturés totaux
		Thiamine	$1,7 \times 10^{-2}$	
		B-carotène (μ g)	27×10^{-3}	18:2 $4,3 \times 10^{-2}$
		B-crypto xanthine	11×10^{-3}	
		Lutéine + zeaxanthine (μ g)	29×10^{-3}	

II.5 Les atouts santé et propriétés nutritionnelles de la pomme et de son jus

La composition chimique et les propriétés nutritionnelles des différentes cultures de pomme et de leurs dérivés (jus, pomme séchée) ont déjà été étudiées. Selon son profil nutritionnel, la pomme représente un choix alimentaire sain.

II.5.1 Le cancer

La consommation de la pomme est associée à une réduction du risque de cancer, en particulier du cancer du poumon. Des essais récents ont ajouté des données qui suggèrent un effet protecteur de la pomme sur le risque de cancer (**BOYER et LIU, 2004**).

Il a été constaté que la consommation d'une ou de plusieurs pommes de taille moyenne 166 g / j était associée à une réduction du risque de cancer par rapport à la consommation de plus d'une pomme / jour. La réduction significative du risque de cancer sur plusieurs sites (réduction en pourcentage entre parenthèses): cavité buccale et pharynx (18%), œsophage (22%), colorectal (30%), larynx (41%), sein (24%) , ovaire (24%) et prostate (7%) (**GALLUS et TALAMINI, 2005**).

II.5.2 Les maladies cardiovasculaires

Il existe une association inverse entre l'apport de la pomme et ses flavonoïdes et la mortalité coronarienne. Un groupe de femmes finlandaises consommant plus de 71 g de pomme/jour a connu une réduction de 43% dans la mortalité coronarienne par rapport aux femmes qui n'ont pas mangé des pommes. Chez les hommes, la réduction du risque était de 19% dans le groupe consommant plus de 54 g par rapport à l'absence de consommation de pommes. Ces études indiquent qu'un apport relativement modeste de pomme est associé avec un risque réduit de maladie cardiovasculaire et de mortalité (**DENIS et al., 2013**).

Des travaux récents chez l'homme ont mis davantage l'accent sur l'examen des mécanismes et des bio-marqueurs liés au risque cardiovasculaire, en particulier, l'oxydation et le métabolisme des lipides. La surproduction et / ou la surexposition aux oxydants, le corps peut entraîner un déséquilibre conduisant à des dommages cellulaires. Les dommages oxydatifs semblent être un facteur déclenchant plusieurs maladies chroniques, y compris les maladies cardiovasculaires, en raison de perturbations dans l'ADN, les protéines, les lipides et autres composants par les radicaux libres. Les antioxydants alimentaires sont intéressants, parce qu'ils ajoutent au potentiel endogène du corps pour piéger les radicaux libres et les radicaux libres azotés et directement contrer les réactions de peroxydation lipidique (**WITTHY et al., 1978**).

II.5.3 Propriétés anti oxydantes

Il a été constaté que la consommation de pommes augmentait les enzymes anti oxydantes, notamment la glutathion peroxydase, dans les érythrocytes et le potentiel antioxydant global dans le plasma. La régulation à la hausse de ces enzymes suggère que la consommation régulière de pommes pourrait favoriser un milieu favorable à la réduction de l'oxydation. On estime que l'apport moyen ne serait pas beaucoup plus élevé qu'une petite pomme / jour (149 g) basé sur une fourchette prudente de 60 à 70 kg (**DU PONT et al., 2002**).

II.5.4 Asthme et fonction pulmonaire

La prévalence des troubles pulmonaires, en particulier l'asthme, a augmenté au cours des dernières décennies dans le monde entier. Il est spéculé que les facteurs environnementaux et de style de vie, tels que la consommation réduite d'antioxydants alimentaires, contribuent à la hausse. On pense que les poumons sont particulièrement sensibles aux dommages oxydatifs dus à une exposition élevée et continue à l'oxygène. Le stress oxydant active également les médiateurs inflammatoires qui induisent l'asthme dans des modèles expérimentaux et semble être important dans l'étiologie de l'asthme chez les humains. Les pommes pourraient être protectrices en raison de leur potentiel antioxydant et de leur contenu phytochimique (**WOODS et al., 2003**).

II.5.5 Vieillessement et processus cognitifs

Il y a de plus en plus de preuves que les variables alimentaires peuvent être liées au déclin cognitif dans le vieillissement normal et aussi influencer le risque et l'évolution des maladies neurodégénératives du vieillissement. Une série d'études récentes du laboratoire de (**SHEA et al., 2005**) ont fourni de nouvelles données sur le potentiel du concentré de jus de pomme afin de moduler les processus associés au risque de maladie d'Alzheimer.

L'activité antioxydante du jus de pomme explique en partie les effets protecteurs observés chez les animaux soumis à un stress oxydatif alimentaire et génétique et un effet neuroprotecteur potentiel de la pomme (**SHEA et al., 2005**).

Des investigations ont fourni des indices importants que les mécanismes de la neuroprotection peuvent s'étendre au-delà des effets antioxydants. En particulier, le concentré de jus de pomme prévient le déclin caractéristique de l'acétylcholine associé au vieillissement

et au stress oxydatif. Puisque la déplétion cholinergique est associée à une altération de la mémoire et à des performances cognitives réduites, et que la réduction de l'acétylcholine est particulièrement associée à la maladie d'Alzheimer, il est important que le jus de pomme conserve les niveaux de ce neurotransmetteur (GRAVES et al., 2006).

II.5.6 Diabète

L'incidence du diabète, principalement le diabète de type 2, a considérablement augmenté et fait l'objet d'études intensives dans le monde entier. De nouvelles données ont suggéré un lien possible entre la consommation de la pomme et le risque réduit de diabète, Dans un vaste essai en cours, l'étude sur la santé des femmes, a été analysée pour déterminer si l'apport en flavonoïdes alimentaires était associé au risque de diabète et aux marqueurs associés de résistance à l'insuline et d'inflammation. Les pommes ont été identifiées comme le seul aliment riche en flavonoïdes pouvant être protecteur. Le risque de diabète de type 2 était inférieur de 27 et de 28% à la consommation de 2 à 6 pommes / semaine ou 1 pomme / jour, respectivement, comparativement à une consommation nulle. Le quartile supérieur d'apport était supérieur à 47 g de pomme / j, ce qui correspond à environ un tiers d'une pomme de taille moyenne. Les marqueurs inflammatoires et la résistance à l'insuline n'ont été affectés par aucun composant alimentaire (SONG et al., 2005)

Les auteurs de cette étude ont également recherché une association entre l'apport total de flavonol et de flavone et un nombre limité de sous-types de ces flavonoïdes (5 au total) et un risque réduit. L'effet protecteur de la pomme n'a été associé à aucun d'entre eux, ce qui a conduit les auteurs à supposer que d'autres composés non reconnus, y compris les catéchines, pourraient expliquer le lien. D'un point de vue mécanique, il est possible que les catéchines ou d'autres composants polyphénoliques de la pomme soient inversement proportionnels au risque de diabète de type 2, peut-être en préservant la fonction des cellules b-pancréatiques via des lésions tissulaires induites par le stress oxydatif. Il a également été proposé que les dihydrochalcones, en particulier le phlorétin-29-0-glucoside présent en quantités relativement élevées dans la pomme, inhibent les transporteurs de glucose dépendant du sodium dans la lumière intestinale, réduisant ainsi potentiellement la réponse postprandiale au glucose. On ne sait pas si cela est important dans des conditions physiologiques, mais c'est un mécanisme intéressant par lequel la pomme pourrait être liée au contrôle du glucose dans le diabète (JHONSTON et al., 2002).

II.5.7 Perte de poids

Les directives actuelles recommandent la consommation quotidienne d'aliments qui sont une bonne source de fibres alimentaires et qui ont une faible densité d'énergie pour favoriser un maintien sain du poids ou une perte de poids. Sur la base de cette prémisse, une étude a été menée au Brésil sur 49 femmes en surpoids avec des niveaux élevés de cholestérol sanguin afin de déterminer l'effet de la consommation de fruits sur les lipides sanguins et le poids corporel. Les femmes ont été randomisées dans l'un des trois groupes de régime pendant 10 semaines dont un apport quotidien de 300 g de pomme a diminué l'excrétion nette d'acide de 3 h et la perte de calcium atténuée dans une mesure similaire par rapport au repas témoin (**OLIVEIRA et al., 2003**).

II.5.8 Protection gastro-intestinale contre les lésions médicamenteuses

Quelques études ont évalué le potentiel de la pomme pour prévenir ou réduire les lésions de la muqueuse gastrique par des médicaments. Dans une étude combinée utilisant des modèles cellulaires et animaux pour simuler une lésion anti-inflammatoire non stéroïdienne, des cellules épithéliales gastriques (provenant d'un adénocarcinome tubulaire gastrique humain) ont été exposées au stress oxydatif par exposition à l'xanthine oxydase pendant 2 à 3 heures. Soumis à l'indométacine, chacun avec ou sans traitement avec des extraits phénoliques de pomme lyophilisée (chair uniquement). La pomme a protégé les cellules contre les dommages oxydatifs, en particulier l'extrait qui était le plus élevé dans l'acide chlorogénique (1024 mmol / L). La fraction la plus élevée dans la catéchine a également protégé les cellules des dommages oxydatifs d'une manière dose-dépendante avec un effet protecteur maximal à 3 h. L'effet protecteur a été associé à une augmentation correspondante de l'activité antioxydante et à une réduction de la peroxydation lipidique. Chez les rats vivants, le fait de boire l'extrait de pomme dans l'eau pendant 10 jours ou 1 heure avant une blessure indométacique a empêché une lésion macroscopique et une lésion microscopique partielle de 40 à 45% (**GRAZIANI et al., 2005**).

CHAPITRE III

Les Jus et Nectars de Fruits

III.1 Introduction

Aucune preuve ne permet de le dire avec certitude, mais le premier jus de fruits devait être une sorte de grossier jus de raisin partiellement fermenté au 6^{ème} siècle avant J.C. (ANONYME ,1).

Les jus de fruits sont des denrées alimentaires d'origine végétale, périssables, ayant subi un traitement thermique (pasteurisation, parfois stérilisation) dans le but d'assurer leur conservation. Elles sont conditionnées dans des récipients étanches aux liquides et doivent être stockées dans des conditions de température conformes aux exigences du Codex Alimentarius. Elles comportent une date limite de consommation et une date de fabrication (CODEX STAN 247-2005).

Les jus de fruits ont toujours été associés à la santé, le plaisir, la diététique et le bien être, ils occupent une place importante dans l'alimentation humaine qui se justifie par valeur gustative ainsi que leur valeur thérapeutique très élevée. Outre leur valeur nutritionnelle rafraîchissante, ils jouent ; particulièrement pour les pays chauds ; un rôle de premier ordre dans les industries des conserves. Ils peuvent aussi jouer un rôle de stimulateurs pour le développement de l'arboriculture (BENAMARA ET AGOUGOU, 2003).

Le consommateur souhaite de plus en plus des jus de bonne qualité, qui ressemble au niveau organoleptique au jus frais pressés chez soi et qui lui garantissent une bonne qualité nutritionnelle (BENAMARA ET AGOUGOU, 2003). Pour cela, les industries agro-alimentaires doivent répondre aux attentes et aux exigences des consommateurs, ils cherchent à améliorer la qualité de la matière première en utilisant un procédé et un conditionnement qui préserve cette qualité. (ANONYME, 2006).

III.2 Définition du jus de fruits

Le jus de fruits est défini par la norme générale du codex (CODEX STAN 247-2005) comme étant le liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degrés de maturité approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés et/ou par des traitements de surfaces post-récolte.

Le jus est obtenu par des procédés adaptés permettant de conserver les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles du fruit dont il provient. Le jus peut être trouble ou clair et peut contenir des substances aromatiques et des composés

volatils restitués, à condition qu'ils proviennent des mêmes espèces de fruits et soient obtenus par des moyens physiques adaptés. (CENDRES, 2010).

III.3 Production de jus de fruits

III.3.1 Production mondiale

La production mondiale des jus de fruits s'élevait à 400 millions d'hectolitres en 2005, le jus d'orange occupe la première place avec 36% de la production totale, suivi du jus de pomme avec 27% et de jus de raisin avec 20% (ANONYME, 2011_a).

Les principaux pays exportateurs de jus de fruits industriels selon le classement établi par la FAO en 2003, sont par ordre d'importance : la Chine, l'Inde, le Brésil, les USA, l'Italie et le Mexique (ANONYME, 2011_a).

Selon le type de fruits, les principaux pays exportateurs de jus sont :

- ✓ **Orange** : Brésil, USA
- ✓ **Pomme** : Chine, Pologne
- ✓ **Raisin** : Europe de sud, USA
- ✓ **Pêche** : Amérique de sud
- ✓ **Ananas** : Thaïlande
- ✓ **Mangue** : Inde

Le tableau suivant représente les principaux pays producteurs de jus de fruits.

Tableau N°IV : les principaux pays producteurs de jus de fruits (ANONYME, 2011).

Pays	Production en milliards de litres	Part en %
USA	8	20
Chine	5	12.5
Allemagne	3.5	9
Brésil	1	2.5
France	1	2.5

III.3.2 Production nationale

Le marché Algérien de jus et nectars de fruits connaît une forte croissance. Cette dernière s'accompagne d'une tendance vers une offre plus diversifiée et qualitative.

Parmi les acteurs majeurs de la filière jus en Algérie figure l'entreprise privée NCA Rouiba qui assure un peu plus de 18% de la valeur, ainsi que deux entreprises traditionnelles qui opèrent avec succès grâce à la reprise des unités de production de Ngaous et Tchina (El Ksar) respectivement par les entreprises privées Trèfle et Cevital (ANONYME, 2016).

III.4 Consommation de jus de fruits

III.4.1 Consommation mondiale

Selon la fédération internationale des jus de fruits (I.F.U), la consommation mondiale de jus et nectars de fruits atteignait 33 milliards de litres en 1998 et passerait 73 milliards dans une vingtaine d'année (GUY et AL., 2002).

L'union Européenne reste le premier marché pour la consommation des jus et nectars de fruits, avec une consommation totale de 113 millions d'hectolitres au total (75 millions hl de jus et 38 millions hl de nectars) selon les chiffres de l'année 2009 (ANONYME, 2011).

Les principaux pays consommateurs de jus de fruits sont représentés dans le tableau ci-dessous (Tableau N° V).

Tableau N° V : les principaux pays consommateurs de jus de fruits (ANONYME, 2011).

Les pays	Consommation (litre par habitant par an)
USA, Canada	45
Allemagne	42
Autriche, Finlande	31
Benelux, Danemark	30
Espagne	25
France, Angleterre	23

III.4.2 Consommation nationale

La filière « boissons » est un des secteurs les plus dynamiques du marché Algérien de l'agroalimentaire. Selon les statistiques présentées récemment par l'APAB, la consommation de jus de fruits progresse fortement, avec une croissance de 9% comme estimée naguère. La demande par habitant, 6 litres par tête par an en 2011 (elle était de 5,1 l/tête/an en 2005) et de 6,3 l/tête/an en 2012, devrait progresser à 6,7 l/tête/an en 2013, à 7,4 l/tête/an en 2014. Soit des ventes en volume jus et boissons fruitées de 2,331 millions d'hectolitres en 2011 (ANONYME, 2016).

III.5 les différents types de jus de fruits

III.5.1 Les purs jus de fruits

Identifiés par la mention « 100% pur jus de fruits » : ils se distinguent en « purs jus de fruits frais », sans pasteurisation, et « purs jus » pasteurisés après extraction(ou pressage). Ils ne contiennent aucun ajout, aucun additif, et n'ont pas d'adjonction de sucre : tout le fruit, rien que le fruit (VIERLING, 2008).

III.5.2 Les jus à base de concentrés de jus

C'est le produit liquide obtenu à partir du concentré de jus de fruits auquel est réincorporée la même quantité d'eau que celle extraite lors de la concentration (VIERLING, 2008) ; il est permis de restituer les arômes, les pulpes et les cellules que jus avait perdues mais qui ont été récupérés lors de processus de production de jus de fruits dont il s'agit ou de jus de fruits de la même espèce. L'eau ajoutée doit présenter des caractéristiques appropriées, les qualités essentielles du jus (PROLONGEAU et RENAUDIN, 2009).

III.5.3 Jus de fruits obtenus par extraction hydrique

Il est défini par la norme générale codex (CODEX STAN 247-2005) comme le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution. Ces produits peuvent être concentrés ou reconstitués.

III.5.4 Purée de fruits destinée à la production de jus et nectars de fruits

C'est le produit non fermenté, mais fermentescible, obtenu par des procédés appropriés, par exemple en passant au tamis ou en broyant la partie comestible du fruit entier ou pelé sans en prélever le jus. Le fruit doit être sain, parvenu à un degré de maturation approprié et frais ou bien conservé par des moyens physiques ou par un ou plusieurs traitements appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la commission du codex Alimentarius.

La purée de fruits peut contenir des substances aromatiques et des composés aromatisants volatils restitués, à condition qu'ils soient obtenus par des moyens physiques adaptés et à partir du même type de fruit. De la pulpe et des cellules obtenues par des moyens physiques adaptés et à partir du même type de fruit peuvent être ajoutées (**CODEX STAN247-2005**).

III.5.5 Les boissons aux fruits

Sont composées de jus de fruits concentrés ou non, d'eau et des sucres et contiennent au moins 25% de jus de fruits, dans le cas des boissons plates. Dans les boissons aux fruits gazeuses, cette teneur est d'au moins 10% (**BOIRON, 2008**).

III.5.6 Concentré de jus de fruits

C'est le produit non fermenté mais fermentescible obtenu après élimination physique de l'eau en quantité suffisante pour porter la valeur Brix° à un niveau supérieur de 50% au moins à la valeur Brix° établie pour le jus reconstitué du même fruit. Pour la production de jus destiné à être concentré, des procédés adaptés sont utilisés et peuvent être associés à la diffusion concomitante de cellules ou de pulpe de fruits dans l'eau, à condition que les matières sèches solubles du fruit dont l'eau a été extraite soient ajoutées au jus d'origine avant concentration (**CODEX STAN 247-2005**).

III.5.7 Concentré de purée de fruits

Le concentré de purée de fruits destiné à la production de jus et nectars de fruits est obtenu par élimination physique de l'eau de la purée de fruits en quantités suffisantes pour accroître la valeur Brix° d'au moins 50% par rapport à la valeur Brix° établie pour le jus reconstitué du même fruit (**CODEX STAN 247-2005**).

III.5.8 Nectars de fruits

C'est le produit non fermenté mais fermentescible, obtenu par addition d'eau, de sucre et/ou de miel au jus de fruits, au jus de fruits concentré, à la purée de fruits concentrée ou à un mélange de ces produits. Ils contiennent 25% à 50% de jus (ou de purée). Le mélange de nectars de fruits est obtenu à partir plusieurs types de fruits différents (**BOIRON, 2008**).

III.5.9 Les jus gazéifiés

Jus saturés par le gaz carbonique qui augmente la propriété rafraîchissante et sa valeur alimentaire (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

III.6 Procédés de fabrication de jus de fruits

Selon le type de fruits, le processus de fabrication et le matériel peuvent être légèrement différents. Le jus est extrait par diverses méthodes selon la structure du fruit, sa composition chimique et les caractères que l'on souhaite donner à la boisson par exemple : la limpidité, la viscosité...etc. (**CHEFTEL, 1977**).

Toute ligne de fabrication des jus de fruits comprends les 4 étapes suivantes : Triage et nettoyage des fruits, extraction des jus, stabilisation du jus, refroidissement et conditionnement (**ANONYME, 1971**).

III.6.1 Préparation des fruits

➤ **Triage :**

Se fait selon le degré de maturité des fruits, leurs teintures, qui déterminent dans une large mesure la qualité du jus. Le triage est indispensable pour éliminer les fruits de mauvaise qualité, ainsi que les corps étrangers (feuilles, branchettes,...etc.) (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

➤ **Lavage :**

Cette opération permet d'éliminer les pierres, les déchets terreux, les feuilles, une partie des micro-organismes de surface et les résidus de produits de traitement phytosanitaire. Il peut se faire par plusieurs méthodes, par exemple, par aspersion d'eau, par aspersion suivie d'un trempage, etc. l'eau utilisée doit être dans la mesure du possible, propre, potable et être renouvelée (**NOU, 2003**).

III.6.2 Traitements préalables de la matière première

➤ **Blanchiment :**

Est un traitement thermique de quelques minutes à 95 °C – 100 °C destiné à inactiver par la chaleur, les enzymes responsables du brunissement enzymatique ou de modification des couleurs naturelles de certains fruits. Il peut être fait avec de l'eau en ébullition (éventuellement acidifiée) ou avec de la vapeur d'eau (**NOUT, 2003**).

➤ **Broyage :**

Le processus mécanique d'action sur les tissus végétaux est le concassage. Les fruits sont coupés en petits morceaux, en conséquence de quoi le jus s'écoule du tissu végétal. Il est important de prendre en considération le type de la matière première à concasser. Les fruits à pépin et les tomates ; par exemple ; sont broyés ensemble avec les graines (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

➤ **Traitement enzymatique :**

Pour augmenter la sortie du jus et assurer un bon pressurage, la masse fruitière est traitée par des enzymes pectinolytiques. Ce processus est particulièrement nécessaire dans le cas des fruits contenant beaucoup de pectines et possédant une grande viscosité (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

➤ **Traitement à l'ultrason :**

Le traitement s'effectue au moyen des ondes ultrasoniques conduisant à l'éclatement des cellules. L'écoulement du jus traité par l'ultrason est supérieur de 6 à 10% à celui de produit non traité. En plus le jus devient plus clair et plus teinté (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

III.6.3 L'extraction du jus

Cette opération a pour but d'extraire le jus des fruits tout en effectuant un tamisage de la pulpe (**NOUT, 2003**). Le jus à partir de la masse broyée peut être extrait par pressurage, centrifugation, diffusion,...etc. (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

➤ **Pressurage :**

Le pressurage est la méthode fondamentale la plus répandue dans l'industrie des jus. Après le traitement préalable, les fruits sont pressés (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

En vue d'une extraction complète du jus et de la préservation de sa qualité, il est recommandé, durant le pressurage, d'observer les conditions suivantes (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**) :

- Adopter pour les paquets, des tissus perméables au jus et retenant les particules solides ;
- Appliquer des surfaces dures pour créer une pression sur la masse fruitière ;
- Séparer le jus sorti naturellement avant pressurage ;
- Mener le pressurage en continu.

➤ **Raffinage :**

Il a pour but de séparer les pépins de la pulpe. Il est fait sur passoir centrifugeuse après chauffage de la pulpe comme pour la tomate. Une action enzymatique d'hydrolyse des polysaccharides faciliterait cette opération, mais enlèverait toute viscosité au jus. Ceci est surtout préjudiciable pour la fabrication de confiture ou de marmelade (**ESPIARD, 2002**).

III.6.4 Traitement des jus

➤ **Clarification**

Est pratiquée pour donner à certains jus la transparence que désire le consommateur (**ANONYME, 1971**). Cette clarification est obtenue soit par l'action des enzymes pectinolytiques, amylolytiques et proteolytiques, suivies de débouillage centrifuge, de collage, ou par filtration (**ESPIARD, 2002**).

➤ **Désaération :**

La désaération va permettre de recalculer l'oxygène introduit dans les jus de fruits au cours de différentes opérations parce que l'oxygène est nocif et entraîne pertes de vitamine C (**CLAUDIAN, 1986**).

➤ **Pasteurisation**

Elle consiste à porter très rapidement le jus à 95 °C – 97 °C, à le maintenir une douzaine de secondes à cette température, puis à le refroidir tout aussi rapidement jusqu'à 82 °C – 85 °C. Le but de la pasteurisation est d'éliminer la majorité des micro-organismes viables dans le jus de fruit et d'inhiber l'action des enzymes susceptibles de provoquer des réactions chimiques indésirables (**CHEFTEL, 1986**).

➤ **Concentration**

L'opération de concentration vise à éliminer environ 80% de l'eau contenue dans le jus de fruits, elle est le plus souvent réalisée par évaporation sous vide d'une grande partie d'eau, à une température qui n'atteint pas 30 °C pendant 5 à 7 minutes (**CHEFTEL, 1986**).

➤ **Refroidissement et conditionnement**

Le refroidissement du produit est lié au type de conditionnement et au mode de conservation souhaité. On distingue en effet trois procédés différents :

- Le conditionnement dit « stérile » ; le jus est mis dans l'emballage primaire à chaud et le plus près possible de la température de pasteurisation, en préchauffant l'emballage. Celui-ci est alors serti, et l'ensemble subit une pasteurisation de sécurité.
- Dans le conditionnement dit aseptique ou dans celui destiné à la congélation ; le jus est refroidi aussitôt après pasteurisation et avant d'être conditionné dans l'emballage aseptique choisi (**ESPIARD, 2002**).
- Il est possible de stocker les produits pasteurisés et refroidis dans les tanks aseptiques sous atmosphère de gaz neutre, gaz carbonique (CO₂) ou azote ; mais les produits doivent être à nouveau pasteurisés avant sa commercialisation (**ESPIARD, 2002**).

III.6.5 Fabrication de nectars

Les nectars ou jus pulpeux sont obtenus par un mélange, dans un rapport déterminé, de la purée de fruits et du sirop ou de sucre. La teneur en purée de fruits dans les nectars (en %) stipulée par les standards de différents pays est variable et elle n'est généralement pas inférieure à 50 % (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

Les différentes étapes de la fabrication de nectars de fruits au niveau, industriel sont illustrées dans la figure ci-dessous (**figure N°5**).

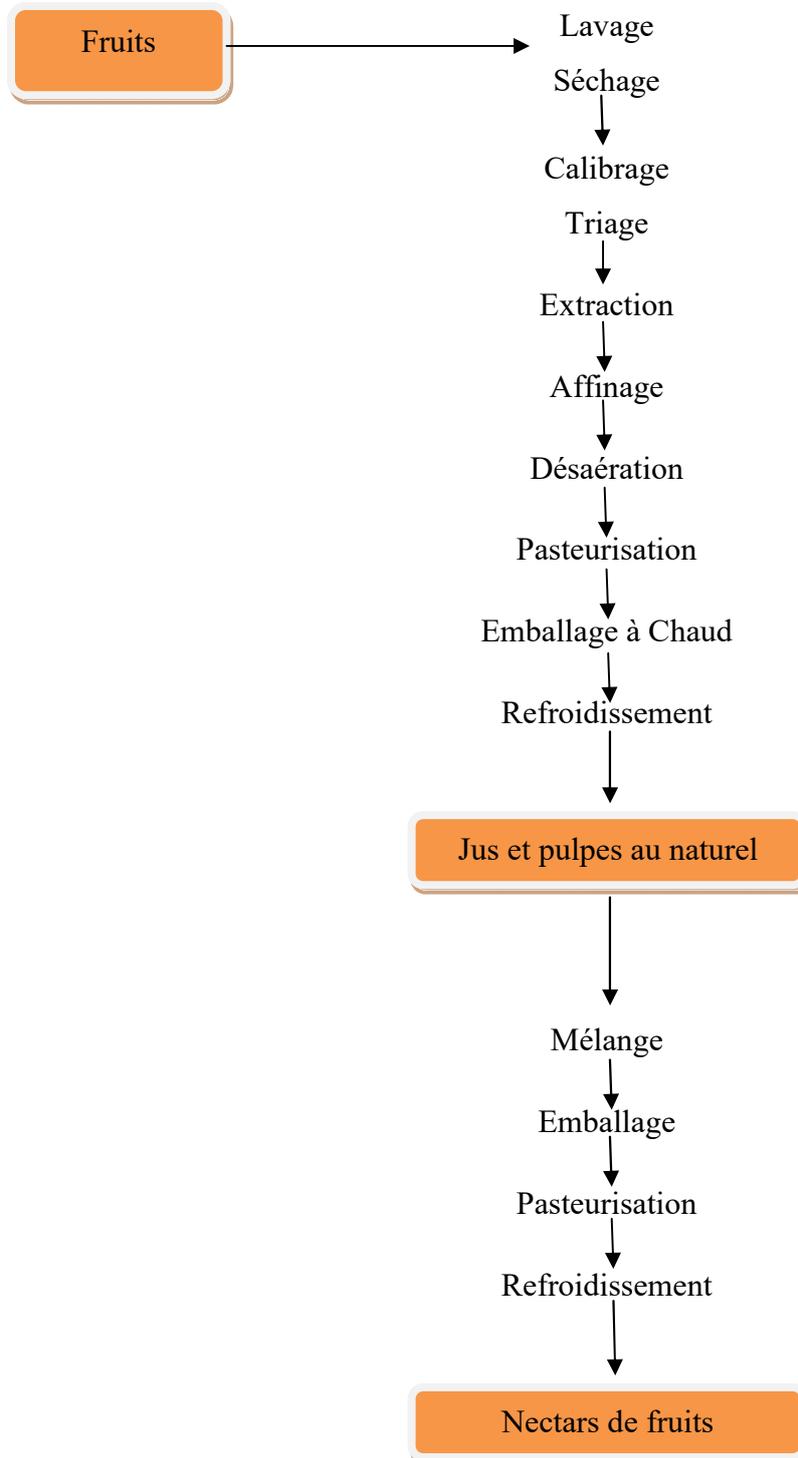


Figure N° 5: schéma général du processus de fabrication des nectars de fruits à l'échelle industrielle (**ESPIARD, 2002**).

III.7 Propriétés nutritionnelles des composants des jus de fruits

Les jus de fruits présentent les mêmes caractéristiques nutritionnelles que les fruits dont ils sont issus. Caloriques, ce sont de bonnes sources de vitamines, de minéraux et de micronutriments protecteurs (les antioxydants). Ils répondent donc parfaitement aux recommandations nutritionnelles actuelles : un apport de qualité en nutriments essentiels, sans calories superflues.

Les jus de fruits présentent des qualités communes même si chaque jus de fruits a ses atouts nutritionnels spécifiques.

➤ **Richesse en eau :**

Les jus de fruits contiennent 85 à 90 % d'eau. Ils contribuent donc à couvrir nos besoins en eau, en complément des autres boissons (eau, thé...).

➤ **Source de vitamines :**

Les jus de fruits apportent un large éventail de vitamines indispensables au bon fonctionnement de nos cellules. En particulier de :

- La vitamine C, antioxydant et essentielle dans la résistance aux infections ;
- La provitamine A, indispensable à la croissance et à la vision nocturne ;
- La vitamine B9 (acide folique), nécessaire à la formation des globules rouges.

➤ **Apport intéressant en minéraux variés, notamment :**

- En potassium, qui évite la rétention d'eau ;
- En magnésium, relaxant musculaire ;
- En nombreux oligo-éléments indispensables à l'équilibre nutritionnel. La faible teneur des jus de fruits en sodium est un facteur favorable entre la tension et la rétention d'eau.

➤ **Présence d'antioxydants protecteurs**

Les jus de fruits, comme les fruits et légumes, contiennent des substances végétales spécifiques (les antioxydants) qui protègent nos cellules de vieillissement prématuré et de l'apparition de certaines maladies.

Le rôle protecteur de ces substances (poly phénols, caroténoïdes, vitamine C et vitamine E) est particulièrement marqué vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires et du cancer.

➤ **Présence de fibres**

Le pressage élimine une partie des fibres : on retrouve cependant dans le jus de fruits des fibres douces (pectines) contenues dans la pulpe, bien tolérée.

➤ **Apport caloriques modéré**

Les jus de fruits ont un apport énergétique identique à celui des fruits. Un verre de jus de fruit apporte entre 30 et 90 kcal, comme un fruit moyen (150 g). Les glucides apportés par les jus de fruits sont donc les glucides naturellement présents dans les fruits frais. Le plus souvent, c'est le fructose qui prédomine : il donne une saveur douce aux jus de fruits. Son pouvoir sucrant est élevé pour un faible apport calorique **(LECERF, 2002)**.

Les jus de fruits se caractérisent par une forte densité nutritionnelle. Ils apportent tous les nutriments du fruit frais avec une moindre teneur en fibres. Leurs bénéfices santé, leurs rôles sur la prévention de certaines maladies en font un aliment qui a toute sa place dans notre alimentation **(LECERF, 2002)**.

Les recommandations nutritionnelles élaborées dans le cadre du Plan National Nutrition Santé (PNNS) du ministère de la santé préconisent de consommer au minimum 5 portions de fruits et de légumes par jour. Un verre de jus de fruits représente l'équivalent d'une portion de fruit dont les propriétés nutritionnelles et gustatives sont entièrement préservées par le processus de fabrication et de conditionnement de jus **(LECERF, 2002)**.

Le tableau N° VI résume les propriétés nutritionnelles des composants des jus de fruits.

Tableau N°VI : Propriétés nutritionnelles des composants des jus de fruits (LECERF, 2002).

Composants des jus	Propriétés nutritionnelles
Eau	Hydratation
Glucides	Carburant privilégié du cerveau et substrat pour l'activité musculaire ; Interviennent dans le stockage du glycogène
Vitamine C	Anti oxydant ; Accroît l'absorption du fer ; Anti fatigue (stimule la surrénale).
Béta carotène	Piège les radicaux libres ; Protège les épithéliums ; Provitamine A-améliore la vision
Vitamine B9	Anti anémique ; Augmente la phagocytose et les défenses immunitaires ; Participe au bon fonctionnement de système nerveux
Vitamine E	Antioxydant ; Joue un rôle dans l'immunité, le système nerveux et la fertilité
Caroténoïdes (lycopène, lutéine...)	Assure une protection cellulaire et tissulaire
Magnésium	Favorise un bon fonctionnement neuromusculaire
Potassium	Maintenance de l'équilibre acido-basique et hydro électrolytique ; Effet anti-hypertension
Fer	Effet Antianémique ; Tient un rôle dans la défense contre l'infection
zinc	Intervient dans la faculté gustative ; Joue un rôle au niveau de la peau, la croissance et la fertilité
Phytonutriments (terpène, polyphénols...)	Rôle dans le métabolisme osseux ; Anti-angiogéniques, participent au fonctionnement endothélial ; Antioxydant ; Anti agrégeant plaquettaire.

CHAPITRE IV
Conservation et Altération
des
Jus et Nectars de Fruits

IV.1 Introduction

Les aliments sont conservés par de multiples procédés. Le but de ces derniers est de garder la stabilité de la qualité des denrées alimentaires. La préservation de la qualité est assurée grâce à l'inhibition du développement microbien et la destruction des enzymes.

En effet, la qualité n'est pas assurée par les traitements de conservation de la denrée emballée seulement, mais aussi par l'utilisation d'un emballage à une barrière de haute qualité contre les diverses contaminations extérieures (poussière, liquides, micro-organismes, etc...).

Choisir un matériau d'emballage est très important. Il doit assurer l'étanchéité et la protection mécanique contre le transfert de matière et garantir une bonne qualité hygiénique de l'aliment produit (**LEYRALG et VIERLING, 2001**).

IV.2 La conservation

La conservation arrête ou toute ou moins ralentit les réactions chimiques d'altération des aliments. Ces réactions sont activées et stimulées par des enzymes ou par le développement des micro-organismes (**CHEFTEL et al., 1977**).

Avant la découverte de la stérilisation par la chaleur, les seuls moyens connus et pratiqués pour conserver les aliments étaient le séchage, le salage, l'acidification et confire dans la graisse ou le sucre. Après avoir découvert l'intérêt des traitements par la chaleur, une nouvelle étape a été franchie avec la conservation par le froid. Depuis, d'autres procédés ont été utilisés avec succès : déshydratation, lyophilisation, action des rayonnements ionisants, utilisation d'additifs aux propriétés antimicrobiennes (les conservateurs). (**GUY et al., 2002**).

IV.2.1 La conservation physique

IV.2.1.1 Technique de conservation par la chaleur

Le traitement des aliments par la chaleur est aujourd'hui la technique de conservation ; pour une longue durée ; la plus importante. Il a pour objectif de détruire ou inhiber totalement les enzymes, les micro-organismes et/ou leur toxines, dont la présence ou la prolifération pourraient altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à l'alimentation humaine (**NOUÏ et al., 2003**).

Parmi les techniques de conservation par la chaleur on cite :

❖ La pasteurisation

La pasteurisation C'est un traitement thermique à des températures comprises entre 60 et 100 °C. Son but est de détruire la totalité des formes végétatives des micro-organismes pathogènes ou responsables d'altération. Ce traitement thermique permet de prolonger la durée de conservation pendant une durée limitée (**NOUT et al., 2003**).

Les caractéristiques physicochimiques du produit déterminent le choix de la pasteurisation. Dans le cas du jus de fruit, le pH bas « 4.5 », permet d'éliminer facilement de nombreuses catégories de micro-organismes et d'empêcher la prolifération des espèces les plus thermorésistantes (**CHEFTEL et al., 1977**).

Le produit doit être conservé à basse température (+ 4 °C) après pasteurisation, il doit être également conditionné dans un emballage étanche à la température de + 4 °C (**LEYRAL et VIERLING, 2001**).

Les avantages de la pasteurisation sont : la préservation de la qualité nutritionnelle du produit ; exemple de la non destruction des vitamines. Aussi la préservation de la qualité organoleptique ; absence de brunissement ou de modification défavorable du goût (**MAFART, 1996**).

❖ La stérilisation

Est un traitement thermique qui a pour but de détruire toute forme microbienne vivante (**GUIRAUD, 2003**).

Consiste à enfermer les aliments dans un récipient thermiquement clos, et à les soumettre à un chauffage assurant la destruction des micro-organismes et des enzymes susceptibles de les altérer. Le procédé appert comprend 4 étapes :

1. Introduction du produit ; convenablement préparé ; dans un récipient ;
2. Fermeture hermétique du récipient (sertissage) ;
3. Traitement thermique du récipient avec son contenu (120 à 130 °C) ;
4. Refroidissement.

➤ **Avantage** : destruction des micro-organismes et conservation pendant 3 à 5 ans à la température ambiante.

➤ **Inconvénient** : qualité organoleptique peut s'altérer (ELHAKMAOUI, 2008).

- **Le traitement à ultra haute température (UHT)**

Ce processus est utilisé pour la stérilisation des produits liquides ou de consistance plus épaisse. Ce traitement se fait à une température de 140 °C pendant 4 à 5 secondes sur le produit en vrac au moyen d'une injection de vapeur puis d'un refroidissement immédiat sous vide de telle sorte que la vapeur extraite soit en quantité égale à celle qui a été utilisée pour la stérilisation. Le produit est ensuite placé dans un emballage aseptique pour obtenir un conditionnement exempt de microbe. Le procédé de stérilisation donne un produit proche du frais, grâce la rapidité de chauffage (BOUMENJEL, 2005).

IV.2.1.2 Techniques de conservation par le froid

Le froid est une technique de conservation des aliments qui arrête ou ralentit l'activité cellulaire, les réactions enzymatiques et le développement des micro-organismes (DARINMOU, 2000). Le froid (réfrigération et congélation) limite l'altération des aliments (BRAUN, 1999).

Les techniques de conservation par le froid sont :

- **La réfrigération**

Elle consiste à entreposer les aliments à une température basse, proche du point de congélation mais toujours positive par rapport à celui-ci (DARINMOU, 2000). Généralement, la température de réfrigération est comprise entre 0 à 4 °C.

- **La congélation**

La congélation consiste à abaisser suffisamment la température du produit de façon à transformer une très grande partie de son eau en glace et à maintenir cet état pendant toute la durée de conservation (BOURGEOIS et al., 1996).

- **La surgélation**

C'est une technique de refroidissement brutal (-35 °C jusqu'à -196 °C) puis de congélation à -15 °C/-18 °C (MORGANE, 2013). Elle permet une stabilisation totale vis-à-vis des micro-organismes et entraîne une mortalité plus ou moins importante selon la

nature des germes, de l'aliment, la vitesse de refroidissement et la température du stockage (GUIRRAUD, 2003).

IV.2.1.3 Technique de conservation par les additifs alimentaires

Cette technique consiste à utiliser des conservateurs chimiques dans le but de prolonger la durée de conservation des aliments, ainsi que de prévenir partiellement la détérioration.

Les additifs alimentaires peuvent être d'origine minérale ou d'origine organique. Ils doivent assurer :

- ✚ L'innocuité de l'aliment, par inhibition de la multiplication des micro-organismes pathogènes éventuellement présents et de la production de toxines.
- ✚ La stabilité organoleptique de l'aliment par l'inhibition des micro-organismes d'altération (NOUT et al., 2003).

La conservation chimique présente un triple avantage, (LEYRAL et VIERLING, 2007) :

- ✓ Réduire les traitements thermique, ou éviter la réfrigération ;
- ✓ Préserver et empêcher une altération possible ;
- ✓ Allonger la durée de conservation à l'état frais.

Exemples de conservateurs chimiques :

❖ L'acide citrique (E 330) :

L'acide citrique ou acide 2, hydroxyle, 1.2.2propane tricarboxylique, de formule : $(C_6 H_8 O_7 H_2O)$, (PM=192). Extrait originellement des fruits du citronnier, et devenu par les possibilités de fabrication, un acide organique très largement répandu dans l'industrie alimentaire où il est souvent utilisé pour corriger les valeurs de pH et surtout les ajuster à des valeurs favorables (MULTON, 1992).

❖ L'acide ascorbique (E300) :

L'acide L-ascorbique ou vitamine C de formule chimique ($C_6 H_8 O_6$), (PM=176). Il est utilisé pour ses propriétés antioxydantes, il se fait oxyder par les quinones en acide di-hydro-ascorbique. Sa présence empêche le brunissement dans les jus et les boissons à base de fruits. La vitamine C est la plus fragile des vitamines, à ce titre peut servir d'indicateur de sévérité des traitements thermiques (MULTON, 1992).

IV.3 Les altérations

De tout les temps, l'homme cherchait à lutter contre l'altération des denrées alimentaires que nous ingérons. Ces altérations sont diverses et peuvent être d'origine enzymatique, microbiologique ou organoleptique, ayant par conséquent le pouvoir de rendre les denrées alimentaires impropre à la consommation.

Les causes des altérations sont nombreuses :

- Dégradation dues réactions chimiques telle que l'oxydation et le brunissement enzymatique ;
- Altérations physicochimiques (déstabilisation des émulsions, floculation dans les liquides) ;
- Altération enzymatique (réaction d'hydrolyse et d'oxydation) ;
- Facteurs extérieurs intervenant dans l'altération (température, l'intensité lumineuse) (VIERLING, 2008).

IV.3.1 Altération physicochimique

IV.3.1.1 Dégradation de la vitamine C

La dégradation de la vitamine C dans le jus de fruits engendre la perte de la qualité nutritionnelle, également l'apparition de composés volatils odorants ayant des conséquences négatives et la formation des composés bruns responsables d'une modification de couleur.

Les facteurs favorisant l'oxydation de l'acide ascorbique sont : la température, la présence d'ions métalliques (fer et cuivre) ainsi que la teneur en oxygène dissous (KHAN et MARTEL, 1967). Pour la fabrication du jus à base de concentré, la qualité de l'eau utilisée (ions métalliques) a une importance de premier ordre. Lors de la dilution du concentré et lors

de l'ajout des fractions aromatiques, l'agitation et la vitesse de pompage doivent être soigneusement contrôlées afin de limiter l'incorporation d'oxygène dans le jus (SIZER et al., 1988).

IV.3.1.2 Le brunissement non enzymatique (BNE)

Les réactions entre les sucres et les acides aminés aboutissent à la formation de pigments bruns ou noirs et modifient les qualités organoleptiques telles que l'odeur, la saveur, etc.... (ALAIS et al., 2003).

Ces réactions sont aussi appelées « réactions de Maillard » ou « caramélisation ou formation de mélanoidines » (Figure N° 6). Elles mettent en œuvre ; d'une part ; une fonction carbonylée et une fonction amine libre et peuvent ; d'autre part concerner soit la réaction de chauffage des saccharides dans le cadre de la fabrication du caramel soit encore la dégradation de la vitamine C.

Les réactions de Maillard se composent de trois étapes principales. Une première étape conduit à la formation de carbonylamine, puis une seconde étape aboutit à des produits bruns ou fluorescents appelés AGE (Advanced Glycated End Products) ou PTG (produits terminaux de glycation). Enfin, une étape finale conduisant à la polymérisation en mélanoidines (BOUQUELET, 2008).

Les facteurs responsables de brunissement non enzymatique sont :

- ✚ Composés carbonylés et sucre réducteurs ;
- ✚ Acides aminés libres ;
- ✚ Certaines vitamines (C et K) ;
- ✚ Arômes naturels (aldéhyde cinnamique, vanilline,...) (ELHAKMAOUI, 2008).

Les facteurs influençant le brunissement non enzymatique sont :

- Le brunissement non enzymatique est accéléré par la chaleur, il apparait donc surtout au cours des opérations de cuisson et de stérilisation ;
- La nature des sucres réducteurs : Pentose (ribose) plus réactifs, Hexoses (glucose, fructose) moins réactifs, Saccharose (pas de fonction réductrice libre) donc pas de brunissement non enzymatique ;

- L'activité de l'eau (A_w) : la réaction de BNE se situe dans l'intervalle (0.55-0.80) ;
- Le pH intervient de manière complexe, la réaction est favorisée par des pH supérieur ou égale à 6. Les aliments acides (jus de fruits acides) sont peu exposés à cette réaction (**FRENOT et VIERLING, 2002**).

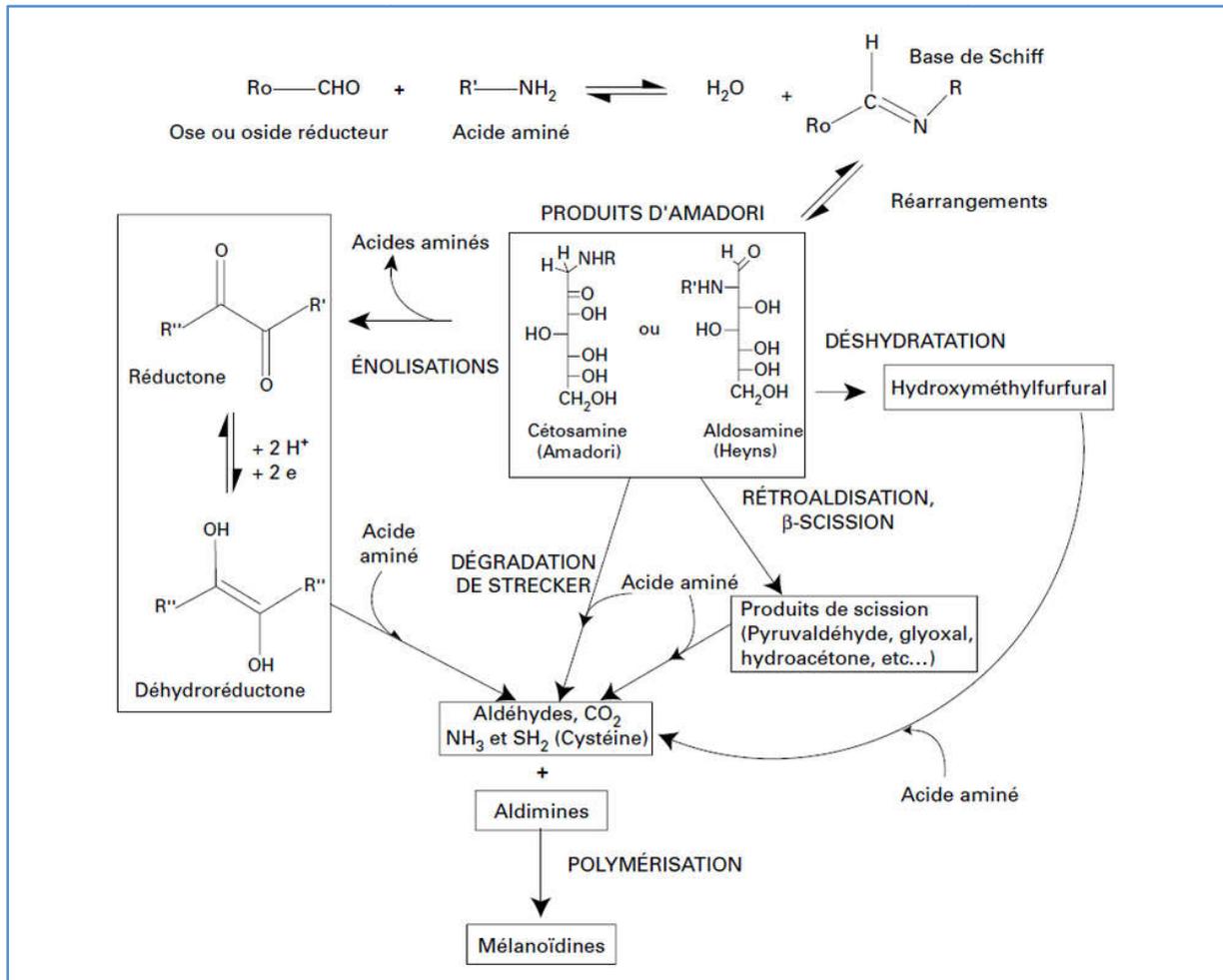


Figure N° 6 : schéma général de la réaction de Maillard (**FRENOT et VIERLING, 2002**).

IV.3.1.3 Le brunissement enzymatique (BE)

La réaction de brunissement enzymatique est le résultat de la transformation par l'intermédiaire des systèmes spécifiques des composés phénoliques en polymères colorés, le plus souvent en brun ou en noir coloré sous l'action d'une enzyme : la polyphénoloxydases (PPO) (**figure N° 7**). Ces réactions entraînent une modification de la flaveur, de l'apparence et de la qualité nutritionnelle du produit (**BOUQUELET, 2008**).

La vitesse de cette réaction dépend de la teneur en substrat, la disponibilité en O₂ de l'activité des enzymes qui elle-même dépend des conditions physicochimiques du milieu (température, pH, Aw) ainsi que la présence d'inhibiteurs naturels (JEANTE, 2006).

En effet, le brunissement peut dans certains cas être recherché lorsqu'il permet d'améliorer l'aspect et le goût des produits alimentaires comme dans le cas du café, de la maturation des dattes, la fermentation du thé ou la fabrication du cidre (BOUQUELET, 2008).

La prévention de ce brunissement se fait par l'utilisation des agents antioxydants tels que la vitamine C et l'acide citrique. La pasteurisation permet d'inhiber les enzymes responsables de ces réactions (TRILLY et al., 1999).

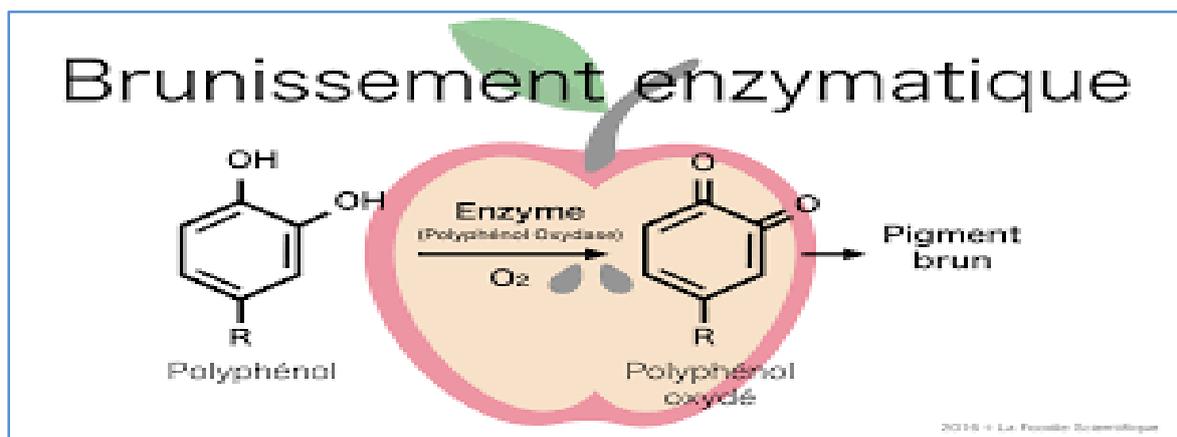


Figure N° 7 : réaction générale des polyphénoloxydases (TRILLY et al., 1999).

IV.3.2 Les altérations de la qualité microbiologique

Les germes présents dans les jus et nectars de fruits proviennent en grande partie de la matière première. Leur nombre dans les de fruits fraîchement pressés est souvent très élevé : il dépend de l'état des fruits (propreté, maturité) et du procédé d'extraction. D'autres contaminations sont apportées par le sucre et les sirops sucrés, le matériel utilisé pour la fabrication et par les manipulations (GUIRAUD, 2003).

Une majeure partie de ces germes est incapable de se développer dans les jus et nectars de fruits due à la forte acidité et la pression osmotique de milieu ; mais toute fois la flore banale acidophile et osmophile peut entraîner un certain nombre d'altérations malgré les traitements de stabilisation (GUIRAUD, 2003).

Parmi les paramètres qui influencent le développement des microorganismes, on cite la température, le pH (un pH bas est en général défavorable aux microorganismes pathogènes) et l'activité de l'eau (A_w) (GUIRAUD, 2003).

IV.3.3 Altération organoleptique

On regroupe sous le terme « qualité organoleptique » les propriétés suivantes :

- L'apparence (couleur et forme), relevant de la vision ;
- La flaveur (saveur et arôme), relevant du goût et de l'odorat.

Les différentes altérations sont :

➤ **Modification de la couleur**

La couleur est un facteur important pour l'évaluation de la qualité des aliments notamment les jus et les nectars de fruits, une diminution de son intensité correspond à une altération du produit. Elle est souvent liée à la maturation des fruits utilisés, à la présence d'impuretés, à la mise en œuvre appropriée ou non d'un traitement technologique, à de mauvaises conditions d'entreposage, etc. (NOUÏ et al., 2003).

➤ **Modification du goût**

La modification du goût est caractérisée essentiellement par l'aigreur. Un goût indésirable peut se manifester lors d'un traitement non hygiénique et au cours de la période de stockage (NOUÏ et al., 2003).

➤ **Modification de l'arôme**

La modification de l'arôme résulte de la stimulation des récepteurs situés dans la bouche et la cavité nasale, par un très grand nombre de constituants des aliments. Les molécules odorantes volatiles responsables de l'arôme des jus et nectars de fruits comme les esters, diminuent pendant l'entreposage (NOUÏ et al., 2003).

PARTIE II
Etude
Expérimentale

CHAPITRE I

Matériel et Méthodes

Le but de notre travail est la fabrication de boisson de type cocktail à base de jus de grenade (variété douce) et de pomme. Cette expérimentation a été réalisée au niveau du :

- Laboratoire physico-chimique du département d'Agronomie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ;
- Laboratoire Commun d'analyses physico-chimique et Microbiologique de la faculté des sciences Agronomiques et Biologique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Le principe de l'étude expérimentale est comme suit :

- Description physique de la variété de grenade et de pomme étudiées ;
- Analyses physico-chimiques sur le jus pur de grenade ainsi que sur le jus de pomme (utilisée comme référence) ;
- La formulation des différentes boissons (9 boissons plus trois témoins) en variant la concentration de deux principaux composants (jus de grenade et jus de pomme) ;
- Réalisation d'un test de dégustation pour étudier l'acceptabilité de notre produit par le consommateur ;
- Analyses physico-chimiques sur les boissons formulées au moment de la formulation ;
- Etude de la stabilité des boissons formulées après 21 jours de stockage à l'air ambiant (analyses physico-chimiques et analyses microbiologiques).

I.1 Matériel

I.1.1 Matériels de laboratoire

Les appareils, la verrerie, les réactifs et les milieux de cultures utilisés durant notre expérimentation sont représentés dans **L'Annexe N°I**.

I.1.2. Matériel végétal

I.1.2.1 Echantillonnage

Dans cette expérimentation nous avons utilisé la variété de grenade appelée « Lahlou » et la variété de pomme locale provenant du marché des fruits et légumes de « MAATKAS » Wilaya de TIZI-OUZOU. Ces deux variétés ont été achetées le 13/12/17 et 28/03/18, respectivement.

I.1.2.2.a Quelques caractéristiques physiques des grenades utilisées**Tableau N°VII : Caractéristiques physiques de grenades utilisées**

Caractéristiques	Variété étudiée
Forme de fruit	Ronde
Couleur de fruit	Jaune-rouge-orange
Goût	sucré
Aspect de l'écorce	Lisse
Graines	Grandes taille, couleur rouge ou rouge-rose, peu foncée, translucides
Poids d'une grenade (g)	308.02 ± 72.60
Rendement (ml)	137.75 ± 43.93

**Figure N° 8 : Photographie des grenades utilisées (Photos originales).**

I.1.2.2.b Quelques caractéristiques physiques des pommes utilisées

Tableau N°IIX : Caractéristiques physiques des pommes utilisées

Caractéristiques	Variété étudiée
Forme de fruit	Ronde
Couleur de fruit	Jaune-verte-rouge
Gout	Sucré et acidulé
Poids d'une pomme (g)	85.80±6.82
Rendement (ml)	72.38±7.42



Figure N° 9 : Photographie des pommes utilisées (Photo originale).

I.1.2.3. Extraction de jus

➤ **Mode opératoire :**

1. Jus de grenade

La quantité de la grenade utilisée est de l'ordre de 3 kg.

- Les grenades sont transportées au laboratoire, lavées abondamment à l'eau afin d'éliminer toutes les impuretés puis séchées à température ambiante pendant environ 30min ;
- Pelage du fruit puis récupération des grains ;
- Broyage et mixage puis filtration pour récupérer le jus ;
- Pasteurisation du jus dans un bain marie à une température de 75 °C pendant 10 minutes ;

- Conditionnement du jus dans des bouteilles en plastique et le stocker au congélateur a « -18 »°C pour le conserver tout au long de l'expérience.

Grenade



Pelage et récupération des grains



Broyage et mixage



Filtration





Figure N° 10 : Résumé des principales étapes d'obtention de jus de grenade pur (photo originale).

2. Jus de pomme

La quantité de pomme utilisée est de l'ordre de 3 kg.

- Nettoyage et triage des pommes afin d'éliminer les éléments non désirables présents au niveau de la surface des fruits ;
- Blanchiment : Pour éviter ou diminuer les phénomènes d'oxydation et donc préserver la couleur des fruits en limitant les réactions du brunissement ;
- Couper les pommes en deux pour enlever les pépins ;
- Broyage et mixage ;

- Conditionnement dans des bouteilles en plastiques ;
- Stockage au congélateur a -18°C jusqu'au moment de son utilisation.

Nettoyage et triage des pommes



Blanchiment



Couper les pommes en deux pour enlever les pépins

+ Broyage et mixage





Conditionnement dans des bouteilles en plastiques
+Stockage au congélateur a -18°C jusqu'au moment de son utilisation



Figure N°11 : Résumé des principales étapes d'obtention de jus de pomme (photo originale).

I.1.3 Préparation des ingrédients utilisés

➤ L'eau :

L'eau est utilisée dans le but de diluer les boissons et les rendre buvables. Pour cette expérimentation on a utilisé l'eau minérale « Lella Khedidja ».

➤ Le sucre :

Le sucre permet d'abaisser l'activité de l'eau « Aw » du milieu qui a un effet stabilisateur vis-à-vis la multiplication et croissance des flores fongiques et bactériennes **(RAKOTOVAO, 1999)**.

Dans ce travail, on a utilisé le sucre blanc cristallisé du commerce de chez « CEVITAL ».

➤ L'acide citrique :

L'acide citrique (E330) a pour rôle d'ajuster le pH (en le diminuant). de permettre l'inversion du saccharose, d'améliorer le goût, tout en conservant le produit **(RAKOTOVAO, 1999)**.

Pour les nectars de fruits, la limite maximale d'adjonction d'acide citrique est de 5000mg/L **(CODEX ALIMENTARIUS, 1995)**.

I.1.4 Formulation des boissons

On a procédé à la formulation des boissons de différentes concentrations .le résumé de la formulation est donné dans le **Tableau N° IX**.

Tableau N° IX : Composition des boissons formulée pour 300ml.

Ingrédients Formule N°	Jus de Grenade (g)	Jus de pomme (g)	Sucre (g)	Acide citrique (g)	L'eau (ml)
B1	15	15	28	0.7	300
B2	45	15	30	0.6	300
B3	75	15	29	0.7	300
B4	15	45	29	0.9	300
B5	45	45	29	0.9	300
B6	75	45	29	0.9	300
B7	15	75	25	0.9	300
B8	45	75	25	0.9	300
B9	75	75	27	0.9	300
B10	15	0	30	0.8	300
B11	45	0	32	0.8	300
B12	75	0	30	0.8	300

Les formulations sont pasteurisées dans un bain marie a 80C° pendant 20min et refroidies immédiatement. La quantité de la boisson formulée est devisée en deux :

- Boissons pour les analyses physico-chimiques au moment de la préparation ;
- Boissons stockées à l'air ambiant pendant 21 jours.

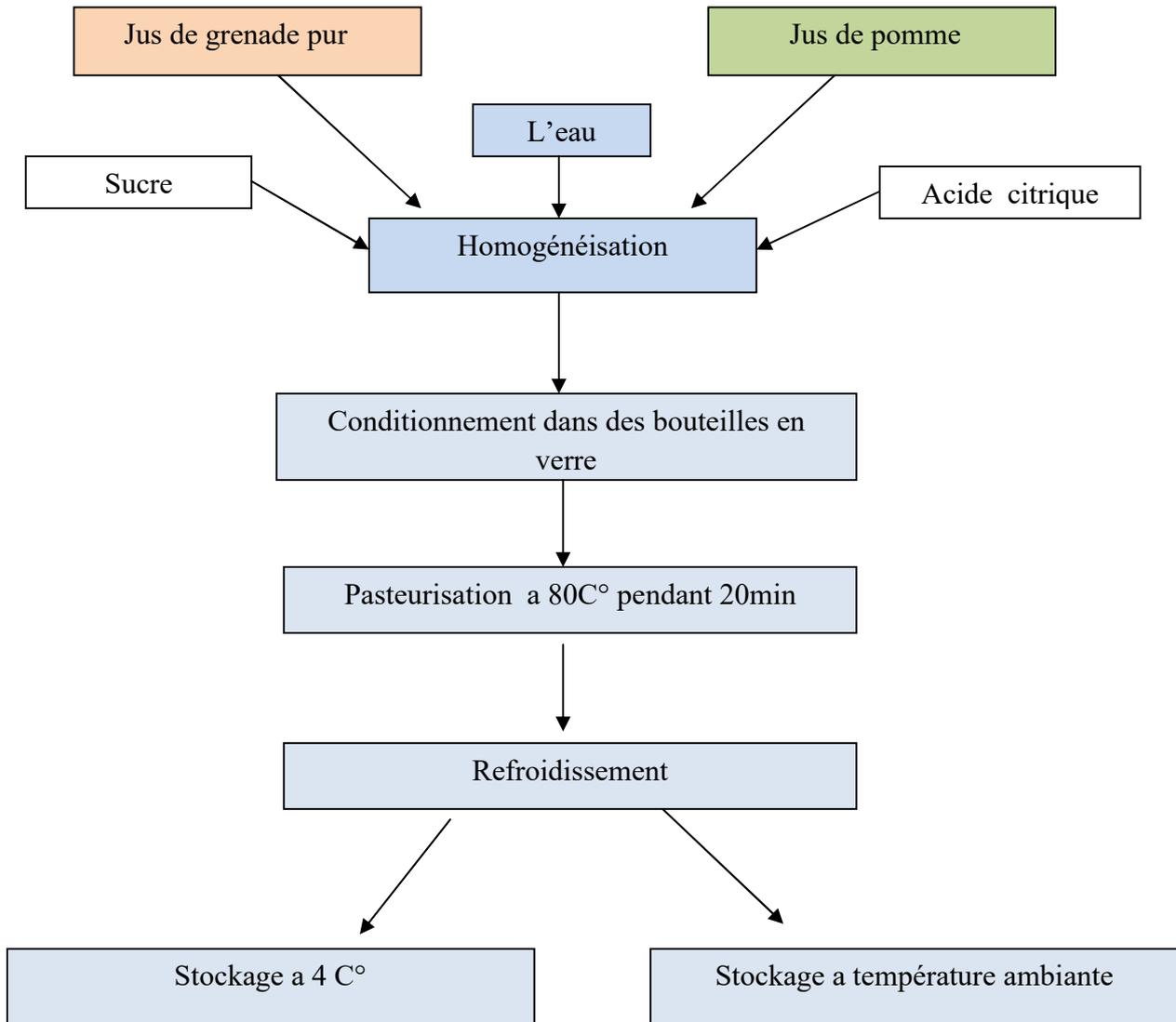


Figure N°12 : Les étapes de fabrication de la boisson.



Figure N°13 : photographie des boissons formulées (photo originale).

I.1.5 Test de dégustation

Pour confirmer l'acceptabilité de notre produit par le consommateur, les formulations ont été présentées devant un jury de dégustation composé de 5 personnes. Le recueil des résultats est effectué sur une fiche présentée dans **L'Annexe N°VI**.

Le jury a choisi la troisième (b3), la septième (B7) et neuvième (B9) boisson pour leurs caractéristiques organoleptiques (la couleur, la consistance, l'odeur, le goût, texture).

I.2 Méthodes d'analyses

I.2.1 Analyses physico-chimiques de la matière première (jus de grenade et de pomme) et les boissons formulées

I.2.1.1 Mesure du pH (AFNOR, 1986)

Le pH correspond au logarithme négatif de la concentration en ions H^+ , il est la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit.

➤ **Principe**

La détermination du pH par méthode potentiométrique est réalisée grâce à un pH-mètre (Marque INOLAB).

➤ **Mode opératoire**

- Etalonner d'abord le pH-mètre à la température de mesure en utilisant deux solutions tampons (pH=4, pH =10) ;

- Prélever comme prise d'essai un volume V de l'échantillon suffisamment important pour permettre l'immersion de l'électrode, noter ensuite la valeur de pH affichée sur le pH-mètre ;
- Il faut rincer l'électrode avec l'eau distillée avant et après chaque mesure, puis la sécher.

I.2.1.2 Détermination du degré Brix ou l'extrait sec soluble: (AFNOR, 1986)

➤ Principe

Le Brix (%) exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon (solution aqueuse). Le contenu des solides solubles représente le totale de tout les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les sels, les protéines, les acides etc. et la mesure lue est leur somme totale.

On entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractomètre) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans des conditions déterminées de préparation et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage en masse.

➤ Mode opératoire

- Placer une goutte de liquide sur la surface du prisme ;
- Abattre le deuxième prisme sur le premier, ce qui permet d'obtenir une couche uniforme de liquide ;
- En dirigeant le réfractomètre vers une source lumineuse, deux zones apparaissent : une claire et l'autre sombre ;
- La limite entre deux zones indique la grandeur de la réfraction.
- valeur Brix est la valeur lue par le réfractomètre (voir la figure N°...) qui nous donne le pourcentage des sucres dans le produit.

➤ Expression des résultats

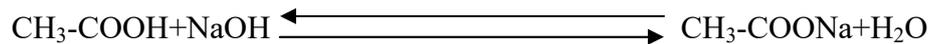
1 degré Brix= 1g de sucre dans 100g de solution

I.2.1.3 L'acidité titrable (AFNOR, 1986)

L'acidité de la boisson est due principalement à l'acide citrique. L'acidité titrable est la somme des acides minéraux et organiques libres.

➤ **Principe :**

Il consiste à consiste en un titrage avec une solution NaOH en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré.



➤ **Mode opératoire**

- Prélever 25 ml d'échantillon préparé dans un bécher et compléter jusqu'à 250 ml avec de l'eau distillée. Puis chauffer jusqu'à ébullition ;
- Prendre un volume $V_0=25$ ml auquel on ajoute 0.25 à 0.5 ml de phénolphaléine et tout en agitant ;
- Verser à l'aide d'une burette la solution NaOH (0.1N) jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante et faire la lecture sur la burette graduée pour avoir le volume de NaOH ayant décoloré la solution.

➤ **Expression des résultats**

Acidité titrable

$$= 250/25 \times V_1/10 \times 100/V_0(\text{még}/100\text{ml})$$

- V_0 : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai ;
- V_1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de 0.1 N.

Il est également possible d'exprimer conventionnellement l'acidité titrable en grammes d'acide par litres de produit, en multipliant par le facteur correspondant à l'acide (voir tableau ci-dessous).

Tableau N°X : les coefficients des acides (AFNOR, 1986).

L'acide	Le coefficient
Acide malique	0.67
Acide oxalique	0.45
Acide citrique mono-hydrique	0.70
Acide tartrique	0.75
Acide sulfurique	0.49
Acide acétique	0.60
Acide lactique	0.90

I.2.1.4 Dosage de la vitamine C : (Méthode titrimétrique au DCPIP)

➤ Principe

Lors de ce dosage le dichlorophenol indophénol subit une réduction par la vitamine C pour virer du bleu au rose dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de vitamine. Le dichlorophenol indophénol se colore en bleu en milieu acide et basique.

Acide L- ascorbique + 2 4DCPIP \longrightarrow Acide L di hydro ascorbique + Dérivé coloré en rose.

➤ Réactifs

- Solution d'indicateur coloré DCPIP à 0.5g /l (préparer 0.25g pour 500ml) ;
- Solution étalon de vitamine C à 0.5g/l (préparer 0.25g/500ml) ;
- Acide acétique 1 N

➤ Mode opératoire

• Dosage dans la solution étalon :

- Prendre 5ml de solution d'acide ascorbique étalon dans un bêcher de 100ml ;
- Ajouter 1ml d'acide acétique très concentré ; Agiter. Le mélange est de coloration bleu ;
- Titrer par la solution de DCPIP placée dans la burette jusqu'à virage au rose persistant. Soit V_1 en ml le volume de DCPIP utilisé.

• Dosage dans l'échantillon

- Prendre 5ml de l'échantillon filtré et le verser dans un bêcher de 100ml ;
- Ajouter 1ml d'acide acétique pur ; Agiter ;

- Titrer les mélanges de couleur bleu jusqu'à virage vers le rose. Soit V_2 en ml le volume de DCPIP utilisé

➤ **Expression des résultats**

La masse de l'acide ascorbique X, exprimée en g/l de produit, est donnée par la formule suivante :

$$X = 0.5 \times \frac{V_2}{V_1}$$

X : masse de l'acide ascorbique en g/l.

V1 et V2 : volume de DCPIP déterminé.

I.2.1.5 Dosage des sucres (AOAC, 1984)

➤ **Principe**

Dans ce dosage, on met en évidence 3 catégories de sucres : *sucres totaux*, *sucres réducteurs* et *le saccharose*.

➤ **Mode opératoire**

Pour l'obtention du filtrat (1) **Annexe N°II**, on introduit 20ml de l'échantillon dans une fiole jaugée de 100ml, ajouter 5 ml d'acétate de plomb. Ajuster avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Filtrer le mélange.

A. Dosage des sucres réducteur (SR)

Le dosage des sucres réducteurs est basé sur la détermination du volume de glucide à doser pour réduire en totalité une prise d'essai de Fehling.



- Mettre dans un bêcher de 250ml, 5ml des liqueurs de Fehling A et 5ml des liqueurs de Fehling B ;
- Ajuster jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée ;
- Chauffer le contenu jusqu'à l'ébullition durant 2 mn ;
- Titrer par le filtrat obtenu jusqu'à ce que la teinte bleu disparaisse ;
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène et continuer la titration jusqu'à ce que la coloration bleue devienne rouge brique ;
- Arrêter la titration et noter le volume du filtrat (1) dépensé.

➤ **Expression des résultats**

La quantité des sucres réducteurs dans la prise d'essai est donnée par la formule suivante :

$$SR = \frac{240}{V_x (V_1 - 0,05)} \times 10$$

SR : quantité des sucres réducteurs (g/100ml) ;

V : volume de la prise d'essai (ml) ;

V₁ : volume de filtrat dépensé pour le titrage (ml) ;

B. Dosage des sucres totaux

- Prélever 50 ml du filtrat (1) et ajouter 5 ml d'HCl concentré ;
- Porter le mélange au bain marie à 70°C pendant 5 mn ;
- Neutraliser avec 5 ml de NaOH (10N) en présence de phénophtaléine à 1% ;
- Prélever 5 ml de Fehling A et 5 ml de Fehling B ;
- Ajuster jusqu'à 100 ml avec l'eau distillée ;
- chauffer le contenu jusqu'à ébullition durant 2mn ;
- Titrer par le filtrat (2) obtenu jusqu'à la disparition de la couleur bleue ;
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène jusqu'à ce que la coloration bleue soit remplacée par une coloration marron cuivrée ;
- Noter le volume du filtrat (2) V2.

➤ **Expression des résultats**

La quantité des sucres totaux dans la prise d'essai est donnée par la formule suivante :

$$St = \frac{500}{V (V_2 - 0,05)} \times 10$$

St : quantité des sucres totaux (g/l) ;

V : volume de la prise d'essai ;

V₂ : volume de la solution titrée.

C. La quantité du saccharose

Pour le calcul de la quantité du saccharose, on emploie la formule suivante :

$$S = (B - A) \times 0.95$$

S : quantité de saccharose en g/l.

A: S_r (g/l)

B: S_t (g/l)

0.95: Facteur obtenu par division du poids moléculaire du saccharose sur la somme des poids moléculaires du glucose et du fructose.

I.2.1.6 Dosage des pectines**➤ Principe**

Le dosage des pectines repose sur leur précipitation par l'acétone.

➤ Mode opératoire

- prélever 20ml de la boisson, ajouter 50ml de l'acétone ;
- Mélanger bien en fragmentant le caillot qui s'est formé.
- Filtrer et recueillir le filtrat sur papier filtre.
- Laver à l'acétone puis reprendre par l'eau distillée de manière à résoudre entièrement.
- Effectuer une nouvelle précipitation à l'acétone, puis recueillir le filtrat sur un papier filtre taré, laver et sécher une vingtaine de minutes à 100°C et peser le résidu (matière précipitable à l'acétone).

➤ Expression des résultats

$$S = \frac{p}{V} \times 100$$

S : teneur en pectine en g/100ml.

V : volume en ml de la prise d'essai.

P : poids de précipitation en g.

I.2.1.7 Les polyphénols totaux : (selon SINGLETON et ROSSI, 1965)**➤ Principe**

En milieu basique, le réactif de Folin Ciocalteu oxyde les groupements oxydables des composés polyphénoliques présents dans l'échantillon. Les produits de réduction (oxydes métalliques) de couleur bleue, présentent un maximum d'absorption à 760 nanomètre (nm) dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon.

➤ Mode opératoire

- On prend 1ml de jus pur on ajoute 9ml de l'eau distillée ;
- 0.2 ml de jus dilue à 1/10 auquel on ajoute 1 ml de Folin Ciocalteu (dilué 10 fois) ;
- Après 10 min on ajoute 0.8 ml de solution de Carbonate de sodium 7.5% ;
- Incubation 30 min à l'air ambiant ;
- Lire la densité optique à 743nm.

La concentration en composés phénoliques est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique et est exprimée en mg d'acide gallique par 100g de fruit.

I.2.1.8 Mesure de l'activité antioxydante et du pouvoir réducteur**➤ Principe**

La présence d'un composé réducteur dans les échantillons entraîne la réduction du Fe^{3+} (ferricyanure de potassium) en forme ferreuse Fe^{2+} ; celui-ci se traduit par le virage de la couleur jaune de ferricyanure de potassium vers la couleur bleu verte dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur.

➤ Mode opératoire

Le pouvoir antioxydant est déterminé selon la méthode d'OYAIZU et al (1986) :

2 ml d'extrait de fruit et additionné avec 2.5 ml de tampon phosphate (0.2M, pH 6.6) et 2.5 ml de ferricyanure de potassium à 1%. Après incubation à 50°C pendant 20 mn, 2.5 ml d'acide trichloracétique à 10% sont ajoutés au mélange pour arrêter la réaction, suivi d'une centrifugation à 3000 tours/mn pendant 20 mn. 2.5 ml de surnagent est mélangé avec 2.5 ml d'eau distillée et 0.5 ml de chlorure ferrique à 01%. Après 10 mn, lire l'absorbance contre des blancs qui contiennent tous les réactifs apparts l'échantillon. Une grande valeur d'absorbance

indique un grand pouvoir réducteur. Le principe repose sur le fait que la présence d'un composé réducteur dans les échantillons entraîne la réduction du Fe^3 ferricyanure de potassium en forme de Fe^2 ; celle-ci se traduit par le virage de la couleur jaune de ferricyanure de potassium vers la couleur bleu verte dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur.

I.2.2 Etude de stabilité des boissons formulées après 21 jours de stockage

Le test de stabilité sert à définir le comportement physico-chimique et microbiologique et à confirmer la stabilité de la boisson dans des conditions climatiques différentes dont le facteur le plus important est la température. Pour garantir au consommateur une meilleure qualité hygiénique, selon la législation en vigueur, tout nouveau produit sur le marché doit être soumis, au préalable à un test de stabilité dont les différentes épreuves sont détaillées dans le journal officiel de la république algérienne (**JORA ,1998**).

Le test de stabilité a été effectué sur nos boissons formulées, en incubant les échantillons à l'air ambiant pendant 2 jour. Lorsque le délai d'incubation est écoulé, nous vérifions les paramètres suivants :

- Détermination de pH, le degré Brix°, L'acidité titrable, la vitamine C , dosage des sucres, la pectine, les composés phénoliques, Mesure de l'activité antioxydante et du pouvoir réducteur .
- Détermination des critères microbiologiques (recherche des levures et moisissures, recherche des clostridium sulfito-réducteurs, recherche des germes mésophiles totaux, recherche des coliformes fécaux et totaux).

I.2.3 Analyses microbiologiques des boissons après 21 jours de stockages a l'air ambiant

L'analyse microbiologique consiste surtout à déterminer les germes présents dans les denrées, susceptibles ou non de nuire a leur qualité et leur sécurité alimentaire.

Il s'agit ainsi de mesurer le nombre de la flore mésophile totale, coliformes fécaux et totaux, Staphylococcus aureus, levures et moisissures et clostridium sulfito-réducteurs.

Les analyses microbiologiques réalisées sur nos boissons correspondent à la recherche et au dénombrement des germes représentés dans le tableau suivant :

Tableau N° XI : représentation simplifiée des germes recherchés.

Germes recherchés	Milieux utilisés	Type d'ensemencement	T°C d'incubation	Durée d'incubation
Flore aérobies mésophiles totaux (FAMT)	PCA	En masse	30°C	72h
Coliformes Totaux	VRBG	En masse	37°C	48h
Coliformes Fécaux	VRBG	En masse	44°C	48h
Staphylococcus aureus	Chapman	En surface	37°C	24h/48h
Levures et moisissures	OGA	En surface	20°C	3 à 5 jours
Clostridium Sulfito-réducteurs	Viande-foie	En masse	37°C	48h

I.2.3.1 Préparation des dilutions décimales (GUILLET *et al*, 2002)

A partir de la solution mère (SM), on prépare une série de dilution allant de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4} (voir parfois jusqu'à 10^{-5}), puis on répartit de manière aseptique les dilutions décimales à l'aide d'une pipette pasteur. **Figure N°13.**

- On introduit 1 ml de la solution mère dans 9 ml d'EPS (dilution à $1/10$ ou 10^{-1}) ;
- On prélève ensuite 1 ml de la dilution 10^{-1} et on l'introduit dans 9 ml d'EPS (dilution à $1/100$ ou 10^{-2}) ;
- On prélève encore 1 ml de la dilution 10^{-2} et on l'introduit dans 9 ml d'EPS (dilution à $1/1000$ ou 10^{-3}) ;
- Après avoir mélangé, on prélève 1 ml de la dilution 10^{-3} et on l'introduit ensuite dans 9 ml d'EPS (dilution à $1/10000$ ou 10^{-4}).

➤ Remarque

- Au moment de la réalisation des dilutions décimales, il est impératif de changer les pipettes entre chaque dilution ;
- Contrairement à cela, lors de l'ensemencement, il est recommandé de commencer par la haute dilution, dans le but de ne pas changer la pipette.

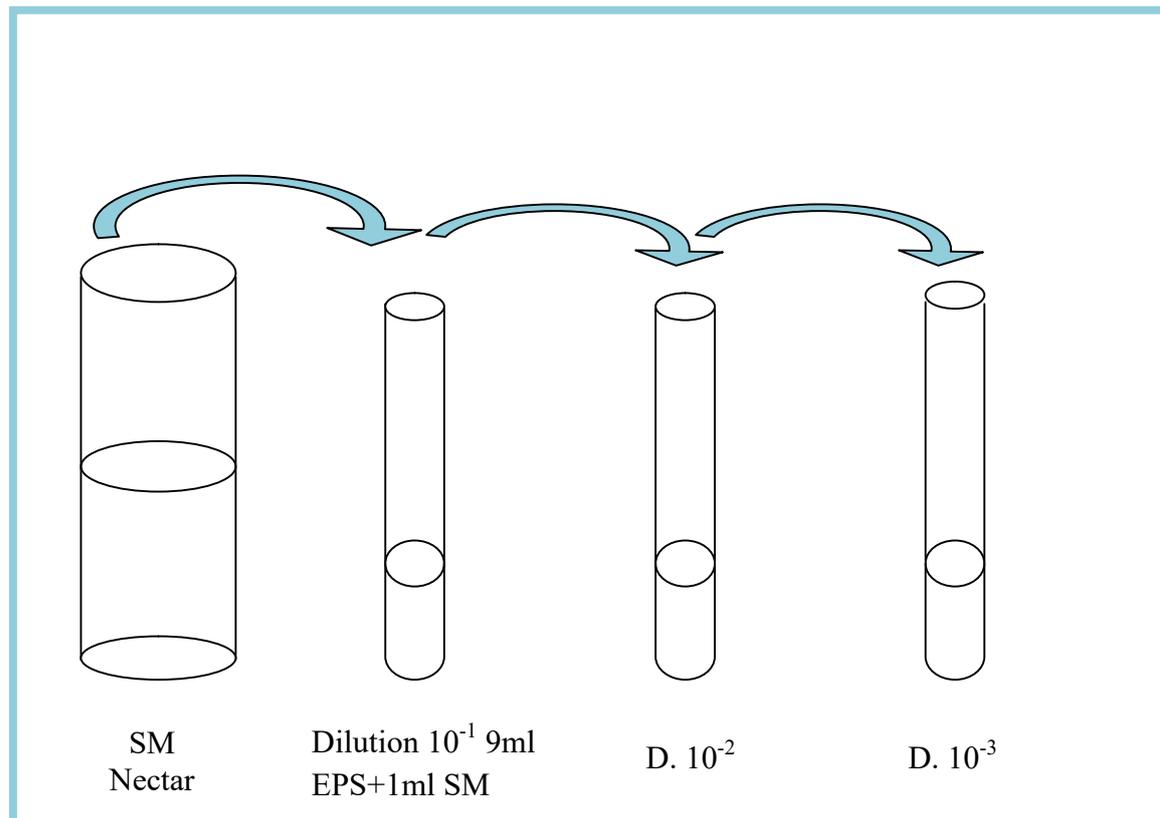


Figure N°14 : Schéma de la préparation des dilutions décimales

I.2.3.2. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles total (FMAT)

Il s'agit de l'ensemble de microorganismes capable de se multiplier en aérobiose à des températures optimale de croissances comprises entre +20°C et +45°C. Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'homme et l'animal, mais aussi des microorganismes d'altération variés.

En microbiologie alimentaire, on recherche à dénombrer les microorganismes aptes à se développer en gélose pendant 72 heures à 30°C.

➤ Principe

Il s'agit d'une culture en profondeur d'un milieu gélosé PCA. La gélose est un milieu riche permettant le développement de la plupart des microorganismes susceptibles d'être rencontrés dans un aliment.

➤ Technique :

- A partir des dilutions décimales préparées à partir du jus, allant de 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage ;
- Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA ou TGEA fondue puis

refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$;

- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée ;
- Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

➤ **Incubation**

Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures avec :

- première lecture à 24 h ;
- deuxième lecture à 48 h ;
- troisième lecture à 72 h.

➤ **Lecture :**

Les colonies des germes mésophiles totaux se présentent sous forme lenticulaire en masse.

➤ **Dénombrement :**

Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies ;
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution ;
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions ;
- Les résultats obtenus sont exprimés en UFC / ml du produit analysé.

I.2.3.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux (NA 2691 1992 E)

Les coliformes étant des bactéries vivant dans les intestins d'animaux ou humains, leur présence dans l'aliment indique une pollution fécale. Ce sont donc des organismes indicateurs de la qualité de l'aliment. Ils ne provoquent pas d'intoxication sauf *Escherichia coli*.

- **Coliformes :** Il s'agit de Bacilles Gram Négatifs (BGN), aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C , selon l'ISO.
- **Coliformes Thermo-tolérants :** Il s'agit là de coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C ; ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation de «Coliformes fécaux ».

- **Escherichia coli:** Il s'agit là de coliformes Thermo-tolérants qui produisent, en outre, de l'indole à partir du tryptophane à 44°C.

➤ **Principe :**

Il s'agit d'une culture en profondeur d'un milieu gélosé VRBL.

➤ **Technique :**

- A partir de la solution mère ainsi que de ses dilutions décimales (1/1000, 1/100 à 1/10), on procède à un ensemencement en profondeur, en portant aseptiquement 1ml dans les boites de pétri stériles, auxquelles on ajoute 15 ml VRBL fondue puis refroidie à 45°C ;
- Faire ensuite des mouvements circulatoires pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose ;
- Laisser solidifier sur paillasse ;

➤ **Incubation**

- Incuber les boites, couvercle en bas,
- à 37°C pendant 24 heures à 48 h pour les **coliformes totaux**,
- et à 44°C pendant 24 à 48 h pour les **coliformes fécaux**.

➤ **Dénombrement :**

Il s'agit de compter toutes les colonies rouge violettes d'un diamètre d'au moins 0.5mm ayant poussé sur les boites en tenant compte des facteurs de dilutions, de plus :

- Ne dénombrer que les boites contenant entre 15 et 300 colonies,
- Il est impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux.
- Les autres colonies non fluorescentes ne sont ni des coliformes totaux ni des coliformes fécaux.

➤ **Expression des résultats**

Calculer le nombre N de microorganismes dénombrés à 37°C et à 44°C selon la formule suivante :

$$N = \sum C / 1,1 \times d$$

Soit :

$\sum C$: est la somme des colonies comptées sur les deux boites retenues.

d : correspond à la première dilution

I.2.3.4. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* (ISO 15213)

- **Morphologie** : gram positif, coque en amas (grappes de raisin), immobile.
- **Caractères biochimiques**: catalase positif, oxydase négatif, coagulase positif, fermente le glucose sans gaz et dégrade le mannitol sur la gélose Chapman.
- **Caractères cultureux** : anaérobie facultative préférentielle mésophile, neutrophile, halophile.
- **Pouvoir pathogène** : Elle est responsable d'intoxications alimentaires dues à une entérotoxine produite dans l'aliment ingéré.

Selon la disponibilité des milieux de culture, trois techniques différentes sont recommandées pour la recherche de staphylocoque aureus à savoir :

- Méthode **Baird Parker**.
- Méthode d'enrichissement sur milieu **Giolitti Cantoni** ;
- Méthode sur gélose **Chapman**.

Pour notre expérimentation nous avons utilisé *la méthode d'enrichissement sur milieu GC*.

a) Méthode d'enrichissement au milieu de Giolitti Cantoni :**➤ Préparation du milieu d'enrichissement:**

Au moment de l'emploi, ouvrir aseptiquement le flacon contenant le milieu de **Giolitti Cantoni** pour y ajouter 15 ml d'une solution de Tellurite de potassium. Mélanger soigneusement, le milieu est alors prêt à l'emploi.

➤ Ensemencement :

- A partir des dilutions décimales retenues, porter aseptiquement 1 ml par la dilution dans un tube vis stérile ;
- Ajouté par la suite 15 ml du milieu d'enrichissement ;
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

➤ Incubation :

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

➤ Lecture :

- Seront considérés comme positifs, les tubes ayant virés au noir ;
- Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîtes de pétri et bien séchées

b) Recherche et dénombrement sur milieu Chapman :➤ **Incubation :**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Lecture :**

Les *Staphylococcus aureus* se présentent alors sous forme de colonies de taille moyenne, lisse, brillante, pigmentées en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.

I.2.3.5. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* (ISO 15213)

➤ **Caractères cultureux :** anaérobie stricte, sporulée, immobile, croissance optimale à 45°C, pH compris entre 5,0 et 8,0, réduction des sulfites en sulfures, production d'H₂S lorsqu'il est en présence d'un acide aminé soufré.

➤ **Pouvoir pathogène :** cette bactérie est due à la capacité de produire des entérotoxines, qui sont responsables de toxico-infections alimentaires.

➤ **Technique:**

Selon la disponibilité des milieux de culture, deux techniques sont recommandées pour la recherche de *Clostridium perfringens* à savoir :

✓ **méthode générale** sur gélose Viande – Foie à 37°C,

✓ **méthode sélective** sur gélose TSN ou TSC à 46°C. (*Clostridium perfringens*).

Nous avons utilisé pour notre expérimentation la méthode sur gélose viande et foie.

➤ **Préparation du milieu:**

• Au moment de l'emploi, faire fondre un flacon de gélose Viande-foie, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C, puis ajouter une ampoule d'Alun de Fer et une ampoule de sulfite de sodium.

• Mélanger soigneusement et aseptiquement.

• Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

➤ **Ensemencement :**

- Les tubes contenant les dilutions 10⁻² et 10⁻¹ seront soumis :

✓ D'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes.

✓ Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.

- A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose Viande Foie prête à l'emploi, dans chaque tube.

- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 min

➤ **Incubation :**

Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

➤ **Lecture :**

La première lecture doit se faire impérativement à 16 h, car :

- D'une part les colonies de Clostridium Sulfito-réducteurs sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.
- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.
- Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique, ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures.

I.2.3.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (ISO 21527-2)

- **Les levures :**

Une levure est un champignon unicellulaire un eucaryotes apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales. Ces micro-organismes, de forme variable selon l'espèce (sphérique, ovoïde, en bouteille, triangulaire ou apiculée, c'est-à-dire renflée chaque bout comme un citron) mais généralement ovales, d'environ 6 à 10 microns et jusqu'à 50 microns.

- **Les moisissures :**

Elles sont multicellulaires mais la notion de cellules est assez floue car leur structure est mycélienne et coénocytique. La paroi est riche en cellulose ou en chitine. Le corps d'une moisissure est fait de deux parties ; le mycélium et les spores. Le mycélium est un ensemble de plusieurs filaments appelé hyphes. Chaque hyphe mesure de 5 à 10 micromètres de diamètre et possède un cytoplasme commun.

➤ **Caractère physiologique**

- Ce sont des eucaryotes, non photosynthétiques, hétérotrophes et immobiles ;
- Elles sont acidophiles et sont obtenues sur milieu à PH acide ;
- Elles sont mésophiles et d'autres sont multipliés à une température inférieure à 15°C.

➤ **Technique :**

- A partir des dilutions décimales, 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ;
- Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incuber à 22°C pendant 5 jours.

➤ **Lecture :**

La première lecture doit se faire à partir de la 48^{ème} heure d'incubation ; elle consiste d'abord en :

- La lecture des deux boîtes témoins car si l'une d'entre elles présente des levures ou des moisissures, l'analyse est à refaire ;
- Dans le cas échéant, dénombrer les colonies de levures à part et les colonies des moisissures à part ;
- Dans le cas échéant, dénombrer les colonies de levures à part et les colonies des moisissures à part.

CHAPITRE II

Résultats et Discussion

II.1. Résultats des analyses physico-chimiques :

II.1.1 Au moment de la formulation

Les résultats des analyses physico-chimiques des boissons formulées au moment de la formulation, sont représentés dans le **Tableau N°XII**.

Tableau N°XII : Résultats des analyses physico-chimiques des boissons formulées au moment de la formulation.

formule analyse	B3	B7	B9	B10(T1)	B11(T2)	B12(T3)
Le Brix°	12 ± 0.00	12± 0.00	14± 0.00	10± 0.00	12± 0.00	13± 0.00
Le pH	4.3± 0.00	4.3± 0.00	4.1± 0.00	4.2± 0.00	4.2± 0.00	3.4± 0.00
L'acidité Titrable (g/l)	5.6 ± 0.4	4.53 ± 0.23	6 ± 0.4	3.6 ± 0.4	3.07 ± 0.46	4.8 ± 0.4
La vitamine C (g/l)	0.75 ± 0.11	1 ± 0.11	0.92 ± 0.16	0.45 ± 0.15	0.6 ± 0.15	0.62 ± 0.11
Les sucres réducteurs (g/l)	8.3 ± 1.43	3.95± 0.1	6.48 ± 0.45	4.79 ±0.2	4.76 ± 0.28	6.48 ± 0.45
Les sucres Totaux (g/l)	10.17± 1.03	2.72 ±0.08	5.41 ± 0.46	7.17 ± 0.26	8.44± 0.71	6.73 ± 0.45
La pectine (g/l)	0.6 ± 0.01	1.77 ± 0.03	1.49 ± 0.14	0.51 ±0.05	0.47± 0.01	0.6 ± 0.01
Les polyphénols Totaux (EAG mg/100g)	19 ± 0.00	20 ± 0.00	15 ± 0.01	9.0 ±0.01	9.5 ± 0.01	13.5 ± 0.05
Le pouvoir antioxydant (DO à 700 nm)	0.26 ±0.01	0.42 ± 0.00	0.34 ±0.01	0.24± 0.01	0.22 ± 0.01	0.3 ± 0.01

II.1.2 Après 21 jours de stockage

Les résultats des analyses physico-chimiques des boissons formulées après 21 jours, sont représentés dans le **Tableau N°XIII**.

Tableau N°XIII : Les résultats des analyses physico-chimiques des boissons formulées après 21 jours.

formule analyse	B3	B7	B9	B10(T1)	B11(T2)	B12(T3)
Le Brix°	14 ± 0.00	12 ± 0.00	16 ± 0.00	13 ± 0.00	14 ± 0.00	16 ± 0.00
Le Ph	3.02 ± 0.00	3.1 ± 0.00	3.09 ± 0.00	2.92 ± 0.00	2.87 ± 0.00	3 ± 0.00
L'acidité Titrable (g/l)	11.47 ± 0.61	11.2 ± 0.8	12 ± 0.8	4.93 ± 1.01	6.93 ± 0.23	13.33 ± 0.61
La vitamine C (g/l)	0.47 ± 0.07	0.57 ± 0.11	0.37 ± 0.07	0.4 ± 0.04	0.45 ± 0.07	0.47 ± 0.11
Les sucres réducteurs (g/l)	1.82 ± 0.32	3.74 ± 0.29	3.89 ± 0.6	4.88 ± 0.5	3.43 ± 0.2	2.64 ± 0.22
Les sucres Totaux (g/l)	7.2 ± 0.21	3.14 ± 0.2	3.86 ± 0.15	4.02 ± 0.16	4.51 ± 0.3	3.88 ± 0.3
La pectine (g/l)	0.22 ± 0.01	0.6 ± 0.01	0.72 ± 0.08	0.12 ± 0.03	0.7 ± 0.03	0.14 ± 0.01
Les polyphénols Totaux (EAG mg/100g)	13.0 ± 0.01	14.0 ± 0.01	9.0 ± 0.00	5.0 ± 0.01	5.5 ± 0.01	9.0 ± 0.01
Le pouvoir antioxydant (DO à 700 nm)	0.22 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.22 ± 0.01

II.1.3 Discussion

II.1.3.1 Le degré Brix° ou l'extrait sec soluble :

L'extrait sec soluble de jus permet d'évaluer rapidement leurs concentrations aux sucres solubles. Il mesure, en effet, la fraction de matière sèche soluble majoritairement composée de ces sucres solubles (TRAVERS, 2014).

La figure suivante présente les différentes valeurs trouvées sur les boissons formulées (Figure N°14).

Le degré Brix° des boissons B3 et B7 à t=0 jour est le même, soit une valeur de 12 °B. Cette valeur est inférieure à celle de la boisson B9 qui est égale à 14 °B. Cela est dû à la différence de composition de ces boissons.

La valeur de Brix° des boissons B3 et B7 à t=0 jour est supérieure à celle de la boisson B10 « Témoins 1 » qui est de 10°B. Cela peut être expliqué par la présence d'une quantité de jus de pomme dans les boissons B3 et B7 et par son absence dans la boisson B10.

L'indice réfractométrique des boissons B3 et B7 à t=0 jour et celui de la boisson B11 « Témoin 2 » est le même : 12 °B. Cette valeur est inférieure à celle de la boisson 12 « témoin 3 ». Cela est dû à la teneur initiale de ces boissons en jus de grenade pur.

La valeur de l'extrait sec soluble de la boisson B9 à t=0 jour qui est égale à 16°B, est supérieure aux valeurs Brix° des 3 témoins « T1, T2 et T3 » ayant les valeurs « 10, 12 et 13 » respectivement.

On remarque que les valeurs de degré Brix° des boissons formulées après 21 jours de stockage sont élevées par rapport à celles des boissons au moment de la formulation. Cela peut être justifié par la variété de grenade et de pommes utilisées et leur degré de maturité.

Les valeurs de degré °Brix des boissons formulées à t=0 jours et après 21 jours de stockage sont dans un intervalle de « 10-16 °B ». Ces valeurs sont conformes à celle trouvées par (ZAREI et al., (2011), qui sont de l'ordre 10.3 à 19.56. Mais inférieure à celle de HMID et al., (2017).

La norme CODEX pour les jus et nectars des fruits (CODEX STAN 247-2005), définit le degré de Brix pour le jus de grenade entre 12 et 25°B.

Nous n'avons pas effectué l'analyse de la variance car l'écart résiduel est nul.

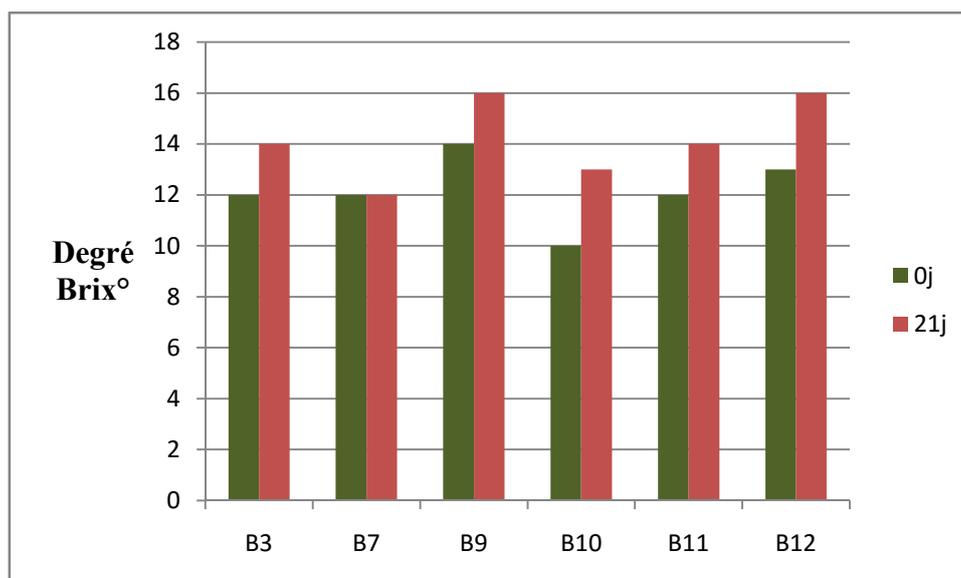


Figure N°15 : Résultats de degré Brix° des boissons formulées à t=0 jour et à t=21 jours.

II.1.3.2 Le pH

La valeur de pH des boissons « B3, B7 » à t=0 est identiques, et égale à 4.3. Cette valeur est légèrement supérieure à celle de la boisson B9, cela peut se justifier par l'effet par l'effet de dilution de ces 3 boissons.

On remarque que le pH des boissons B3, B7 et B9 à t=0 jour est presque le même que celui des deux boissons « témoins » B10 et B11.

Le pH des trois boissons : B3, B7 et B9 ayant des valeurs comprises entre (4 et 4.3) est supérieur à celui du témoin 3 « B12 » qui est égal à (3.4). Ce résultat est expliqué par la différence de composition de ces 4 boissons.

On remarque que les valeurs du pH des boissons formulées après 21 jours de stockage sont diminuées par rapport à celles des boissons au moment de la formulation. Ce peut être le résultat de non-efficacité de traitement de pasteurisation « la flore acidifiante n'est pas inhibée » et/ou l'effet de l'acide citrique qui rend le milieu plus acide et défavorable aux développements microbiens

Les valeurs du pH des boissons formulées à t=0 jours et après 21 jours de stockage sont dans un intervalle de « 2.87-4.3 ». Ces valeurs sont proche de celles donner par **DJOUDI et ZITOUNI (2010)**, soit 3.22 (**Figure N°15**). Ce pH permet de bien préserver les boissons contre les éventuelles altérations microbiologiques.

Nous n'avons pas effectué l'analyse de la variance car l'écart résiduel est nul.

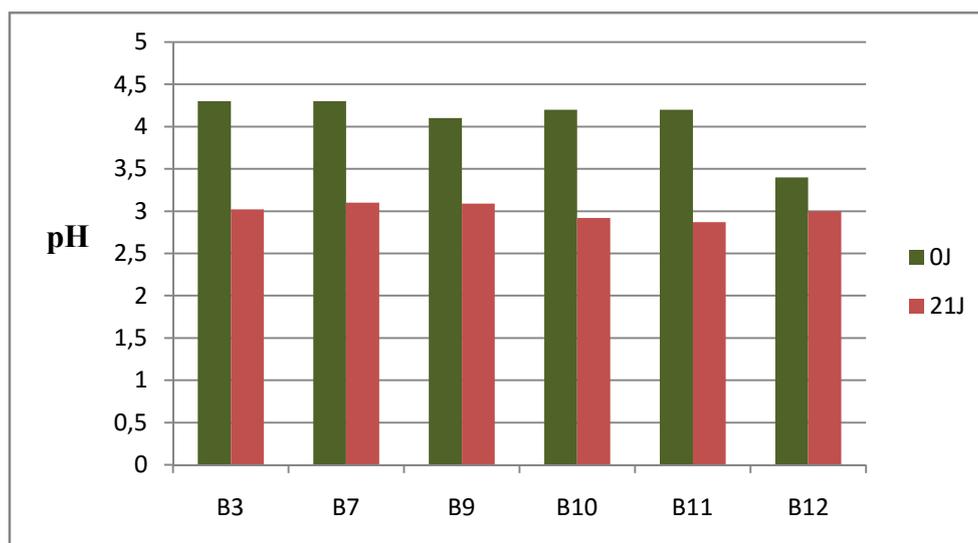


Figure N°16 : Résultats de PH des boissons formulées à t=0 jour et à t=21 jours.

II.1.3.3 L'acidité titrable

Elle est le support d'autres éléments contribuant au goût des fruits. Elle influe sur la sensation gustative chez le consommateur ; elle est conférée par différents acides organiques libres ou combinés sous forme de sels. Ces acides jouent, aussi, un rôle de conservateur par l'abaissement du pH (ALAVOINE *et al.*, 1988).

A t=0 jours, la valeur de l'acidité titrable de la boisson B9 est supérieure à celle de B7 et elle-même supérieure à celle de B3, ces valeurs sont (6, 5.7 et 4.2) respectivement.

La valeur de l'acidité titrable des boissons B3 et B9 à t=0 jour est supérieure à celle des boissons « témoins » B10, B11 et B12. Alors que l'acidité titrable de la boisson B7 est inférieure à celle de la boisson B12 « témoin 3 », et elle est supérieure à la valeur de l'acidité titrable des deux boissons : B10 et B11.

Après 21 jours de stockage, on remarque l'augmentation des valeurs de l'acidité titrable dans toutes les boissons.

Des études effectuées par ZULUETA *et al.*, (2007) ont démontré que les paramètres Physico-chimiques tel que l'acidité qui est un paramètre de qualité est liée à la stabilité des composés bioactifs présents dans l'aliment, exemple : la vitamine C.

En se référant aux résultats de l'analyse microbiologique, la présence de levures dans certaines de nos boissons pourrait être mise en cause de l'augmentation de l'acidité à travers le processus de la fermentation.

Le **tableau N°XIV** représente les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur l'acidité titrable.

Tableau N°XIV : résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur l'acidité titrable.

	S.C.E	DD L	C.M	TEST F	PROB A	E.T	C.V
VAR. TOTALE	28.042	35	0.801				
VAR .FACTEUR 1	8.379	5	1.676	80.437	0		
VAR .FACTEUR 2	16.268	1	16.286	780.853	0		
VAR .FACTEUR F1*2	2.896	5	0.579	27.797	0		
VAR .RESIDUELLE	0.5	24	0.021			0.144	7.92%

L'analyse de la variance pour l'acidité titrable a montré des différences très hautement significatives ($p \leq 0.001$). Donc la composition et le temps de stockage influencent sur l'acidité titrable.

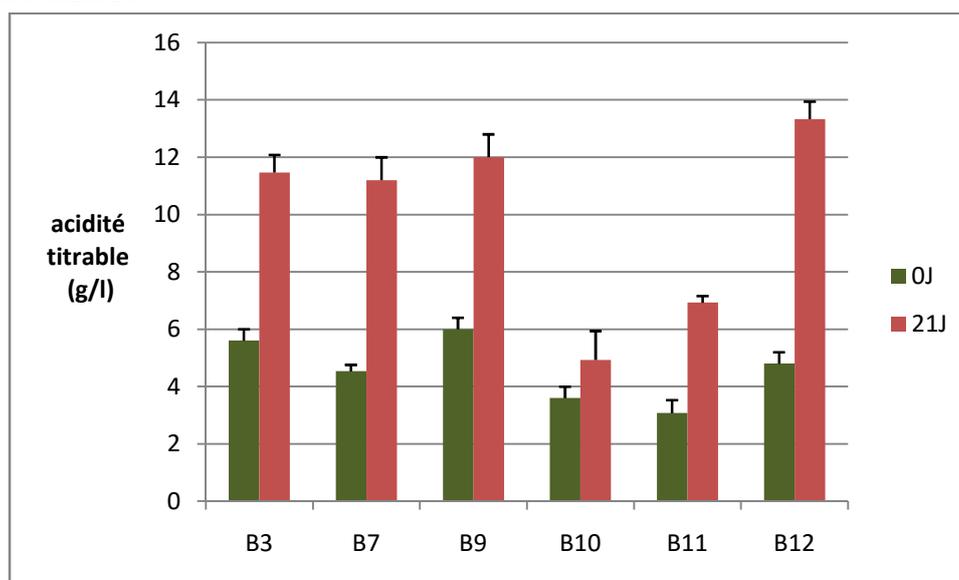


Figure N°17 : Résultats de l'acidité titrable des boissons formulée à t=0 jours et t=21 jours

II.1.3.4 La vitamine C

La vitamine C est un nutriment extrêmement important pour l'organisme où elle assure différentes fonctions (APRIFEL, 2010).

Elle contribue au maintien de la fonction immunitaire, participe à la formation des globules rouges et augmente l'absorption du fer contenu dans les végétaux. Elle a un effet antioxydant qui protège les cellules contre les dommages infligés par les radicaux. Dans les

aliments, elle est la plus fragile des vitamines : elle peut être détruite par l'air, la lumière et la chaleur (RUBY *et al.*, 2007).

Les résultats d'analyses des boissons formulées varient entre 0.301 et 0.386g/l, ces valeurs sont similaires à celle trouvée par KADI (2011) la boisson à base de raisin et de purée de fraise.

A t=0 jour, la vitamine C dans la boisson B7 est supérieure à celle de la boisson B9. La vitamine C dans cette dernière est également supérieure à la valeur de la vitamine c dans la boisson B3.

Le taux de vitamine C dans les trois boissons B3, B7 et B9 à t=0 jours, est supérieure à celui des trois témoins « B10, B11 et B12 ». Cet effet peut être expliqué par la composition de ces boissons en jus pur de grenade et en jus pur de pomme.

L'évolution de teneur en vitamine C des boissons formulées avant et après 21 jours de stockage à l'air ambiant sont présentés dans la figure ci-dessous (**Figure N° 17**). On remarque que cette teneur est diminuée après 21 jours.

La vitamine C est stable à l'état solide. Par contre en solution aqueuse, elle se dégrade rapidement au contact de l'air. Cette dégradation est accélérée par la lumière et la chaleur (BERLINET, 2006), ce qui explique les différences constatés dans nos boissons vu qu'elles ont subi une pasteurisation à 80°C pendant 20mn et le stockage à l'air ambiant.

L'acide ascorbique peut se dégrader aussi en absence d'air, ce phénomène peut se produire soit lorsque le milieu est chaud, soit le milieu devient acide. Cette dégradation anaérobie est observée dans les jus de fruits acide conditionner dans des bouteilles en verre fermées hermétiquement et dans le cas où l'oxygène se trouve encore dans le col de la bouteille qui a été fermée (qui est le cas de notre boisson), on observe tout d'abord une dégradation de l'acide ascorbique par l'oxygène dissous, puis une dégradation lente anaérobie. La dégradation aérobie est environ 10 fois plus rapide que la dégradation anaérobie (ELGAMOUZ, 2016).

Les résultats d'analyses des boissons formulées a t=0J et a t=21J varient entre et 0.301 et 0.386g/l, ces valeurs sont supérieures à celle trouvée par BERRAH et BOUDAUD (2017), soit 0.301 et 0.386g/l.

Le **Tableau N° XV** représente les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur la vitamine C.

Tableau N° XV : les résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur la vitamine C.

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	3.043	35	0.087				
VAR .FACTEUR 1	0.858	5	0.172	7.355	0.00029		
VAR .FACTEUR 2	1.174	1	1.174	50.298	0		
VAR .FACTEUR F1*2	0.451	5	0.09	3.869	0.01037		
VAR .RESIDUELLE	0.56	24	0.023			0.153	19.43%

L'analyse de la variance pour la vitamine C a montré des différences très hautement significatives ($0.001 \leq p \leq 0.01$). Donc la composition et le temps de stockage influencent sur l'acidité titrable.

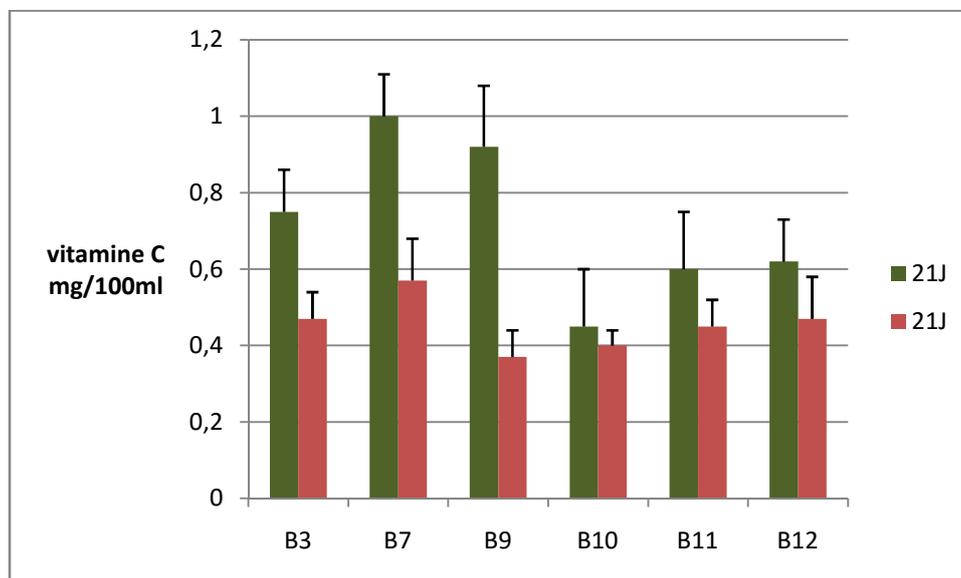


Figure N° 18 : Résultats de la vitamine C des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours.

II.1.3.5 Les Sucres

Les sucres sont les constituants déterminant le goût sucré d'un aliment, notamment les fruits ; les sucres apportent une grande valeur énergétique. En plus, ils jouent un rôle essentiel

dans la conservation des produits alimentaires grâce, d'une part, à la pression osmotique qu'ils exercent sur les microorganismes, et l'abaissement de l'activité de l'eau de l'aliment, d'autre part **ACHIR et HAMMAR (2010)**.

A t=0 jour, la teneur des boissons en sucres totaux est élevée par rapport à leur teneur en sucres réducteurs, sauf dans les boissons B7 et B9.

Les valeurs des sucres (totaux et réducteurs) dans toutes les boissons sont différentes. Voir le **Tableau N°XII**. Cette différence peut s'expliquer par la quantité du saccharose ajoutée au moment de la formulation et l'effet de dilution.

Après 21 jours de stockage, on remarque la dégradation des teneurs en sucres totaux et réducteurs dans toutes les boissons. Ces résultats peuvent avoir comme raison le processus de fermentation des sucres suite à la présence des levures dans ces boissons.

Les valeurs des sucres totaux et réducteurs des boissons à t=0 jour et après 21 jours sont dans un intervalle de « 1.82-10.17 ». Ces valeurs sont différentes de celles trouvées par **BERRAH et BOUDAUD (2017)** dont l'intervalle est «214.19-61.30 ».

Tableau N° XVI : les résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur les sucres réducteurs.

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	282.14	35	8.061				
VAR .FACTEUR 1	41.907	5	8.381	13.211	0		
VAR .FACTEUR 2	107.468	1	107.468	169.389	0		
VAR .FACTEUR F1*2	117.539	5	23.508	37.053	0		
VAR .RESIDUELLE	15.227	24	0.634			0.797	12.85%

L'analyse de la variance pour les sucres réducteurs a montré des différences très hautement significatives ($p \leq 0.001$). Donc la composition et le temps de stockage influencent sur la teneur en sucres réducteurs.

Le **Tableau N° XVII** représente les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur les sucres totaux.

Tableau N° XVII : les résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur les sucres totaux.

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	597.02	35	17.058				
VAR .FACTEUR 1	421.837	5	84.367	209.898	0		
VAR .FACTEUR 2	93.444	1	93.444	232.481	0		
VAR .FACTEUR F1*2	72.092	5	14.418	35.872	0		
VAR .RESIDUELLE	9.647	24	0.402			0.634	6.04%

L'analyse de la variance pour les sucres totaux a montré des différences très hautement significatives ($p \leq 0.001$). Donc la composition et le temps de stockage influencent sur la teneur en sucres totaux.

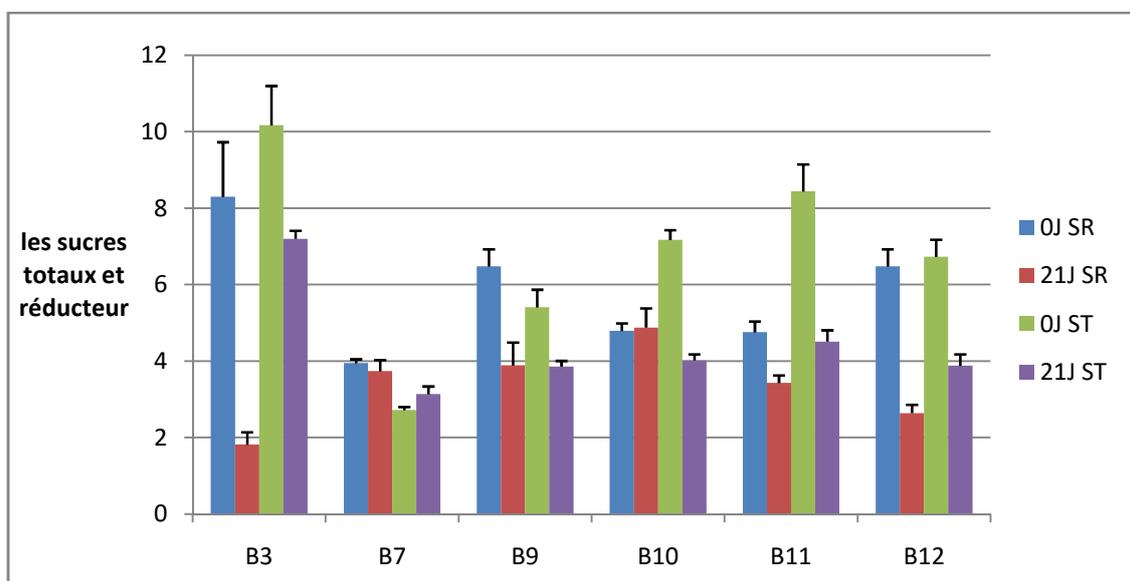


Figure N°19 : Résultats des sucres réducteurs et des sucres totaux des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours.

II.1.3.6 La pectine

A $t=0$ jour, le taux de pectines dans la boisson B7 est élevé par rapport à celui de la boisson B9. La quantité de pectines dans cette dernière est supérieure à celle de la boisson B3. Cette différence est due aux diverses concentrations de jus de grenade et de jus de pomme dans ces trois boissons.

Les valeurs moyennes des pectines dans les boissons B7 et B9 sont supérieures à celles des boissons « témoins » B10, B11 et B12. La quantité des pectines dans la boisson B3 est la même que celle du témoin 3 « B12 », mais elle est supérieure à celle des deux boissons témoins 1 et 2 « B10 et B11 » respectivement. L'absence de jus de pomme dans les boissons témoins explique ces différents résultats.

On remarque une diminution des teneurs en pectines des boissons après 21 jours de stockage à l'air ambiant. Cet effet est le résultat de la dégradation des pectines tout au long de la durée de stockage à l'air ambiant.

Le **Tableau N° XIX** représente les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur les pectines.

Tableau N° XIX : les résultats de l'analyse de la variance l'influence de la composition et le temps de stockage sur les pectines.

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	4.533	35	0.13				
VAR .FACTEUR 1	2.572	5	0.514	387.613	0		
VAR .FACTEUR 2	1.562	1	1.562	1177.248	0		
VAR .FACTEUR F1*2	0.368	5	0.074	55.436	0		
VAR .RESIDUELLE	0.032	24	0.001			0.036	8.51%

L'analyse de la variance pour les pectines a montré des différences très hautement significatives ($p \leq 0.001$). Donc la composition et le temps de stockage influencent sur la teneur en pectines.

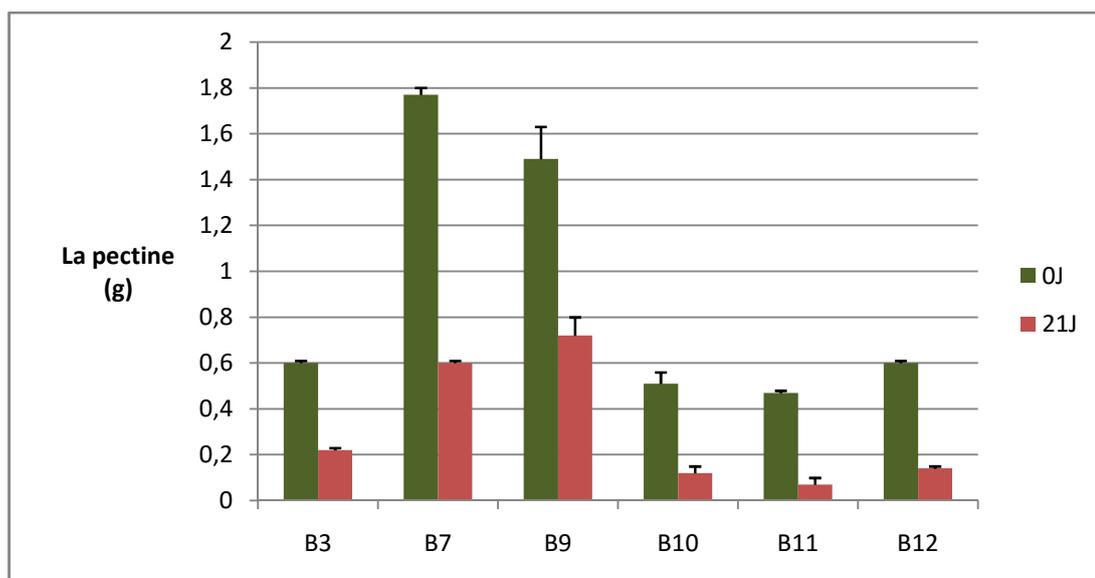


Figure N°20 : Résultats des pectines des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours.

II.1.3.7 Les polyphénols

Les polyphénols apportés par l'alimentation ont attiré une grande attention grâce à leurs fonctions antioxydante et leurs impacts sur la santé (LOOTS *et al.*, 2006).

La teneur en polyphénols des différents échantillons étudiés a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (Annexe N°3).

A t=0 jours, la teneur moyenne en polyphénols de la boisson B7 est élevée par rapport à celle de la boisson B3. La valeur des polyphénols dans cette dernière est à son tour supérieure à celle de la boisson B9.

Les quantités des polyphénols contenus dans les boissons B3, B7 et B9 dont les valeurs sont, respectivement, « 19,20 et 15mg/100g », sont supérieures par rapport à celles des boissons témoins «T1, T2 et T3 » dont les valeurs sont, respectivement, «9, 9.5 et 13.5 ».

Nous avons remarqué que les valeurs moyennes des polyphénols après 21 jours ont diminué. Cela peut être dû à l'effet de la température de stockage et/ou la diminution de l'acidité du jus.

Les valeurs moyennes des teneurs en composés phénoliques des boissons formulées à t=0 jour et à t=21 jours sont comprises dans un intervalle de « 5-14 ». Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par BOUDAOUED et BERRAH, (2017). Le valeur trouvée par

TAHIROVIC *et al.*, (2012) qui est de l'ordre de 10.22 mg/100g est dans l'intervalle que nous avons trouvé.

Le **Tableau N° XIX** représente les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur la teneur en polyphénols.

Tableau N° XIX : Résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur la teneur en polyphénols.

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	0.13	35	0.004				
VAR .FACTEUR 1	0.086	5	0.017	65.576	0		
VAR .FACTEUR 2	0.033	1	0.033	124.75	0		
VAR .FACTEUR F1*2	0.006	5	0.001	4.303	0.00624		
VAR .RESIDUELLE	0.006	24	0			0.016	7.52%

L'analyse de la variance pour les polyphénols a montré des différences hautement significatives ($0.001 < p \leq 0.01$). Donc la composition et le temps de stockage influencent sur la teneur en polyphénols.

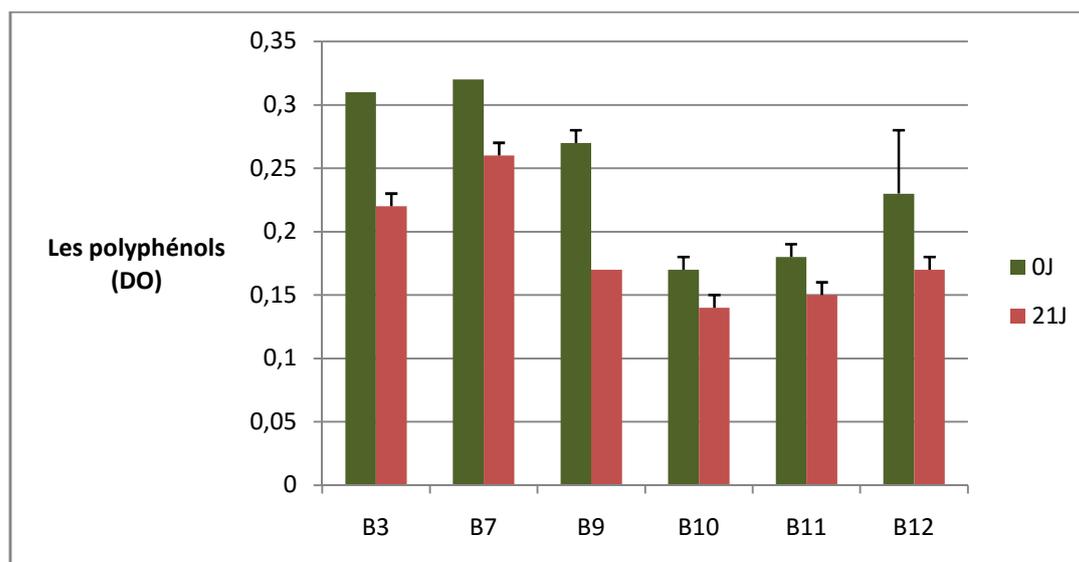


Figure N°21 : Résultats des polyphénols des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours.

II.1.3.8 L'activité antioxydante

Le pouvoir réducteur est l'aptitude d'une substance à transférer un électron ou à céder un atome d'hydrogène. C'est donc l'habilité d'un composé à inhiber la dégradation oxydative d'un substrat telle que la peroxydation des lipides.

Les résultats d'analyses du pouvoir réducteur des différentes boissons formulées et les étalons (vitamine C à 0.5g/l et l'acide gallique à 0.5g/l) à t=0 jour et à t=21 jours sont représentés dans la **Figure N°22**.

D'après les résultats obtenus dans la figure N°22, nous remarquons ; d'une part ; que l'acide gallique à 0.5g/l possède une activité antioxydante supérieure à celle de la même concentration en vitamine C, d'autre part, le pouvoir réducteur des boissons formulées à t=0 jour est important par rapport à celui des boissons après 21 jours de stockage à l'air ambiant.

A t= 0 jour, le pouvoir réducteur de la boisson B7 est important par rapport à celui de la boisson B9. Cette dernière présente à son tour un pouvoir antioxydant élevé par rapport à celui de la boisson B3. Le pouvoir antioxydant dans les boissons B7 et B9 est supérieur à celui des trois témoins « B10, B11 et B12 ». La boisson B3 possède un pouvoir réducteur supérieur à celui des deux témoins « B10 et B11 », mais il est inférieur à celui de la boisson B12 « témoin 3 ». Ces différences de valeurs sont dues aux teneurs en jus de grenade et en jus de pomme que contiennent nos boissons, aussi que l'effet de dilution.

Les valeurs moyennes des absorbances lues dans nos boissons à t=0 jour sont comprises dans un intervalle de « 0.22-0.42 g/l », et sont supérieures ou égales à la valeur de l'absorbance dans l'échantillon étalon d'acide gallique et supérieures à celle de la vitamine C. l'acide gallique à 0.5g/l et la vitamine C à la même concentration ont été utilisés comme références et dont les valeurs sont, respectivement, « 0.22 et 0.20 g/l ».

Après 21 jours de stockage à l'air ambiant, nous remarquons la diminution de l'activité antioxydante de toutes les boissons formulées. Nous pouvons justifier ces résultats par les conditions de stockage durant toute cette période, les conditions et les moyens de travaille au niveau de laboratoire tel que le spectrophotomètre.

Enfin, les valeurs des densités optiques de l'activité antioxydante des boissons formulées, lues par le spectrophotomètre à t=0 jour et à t=21 jours varient « de 0.16 jusqu'à

0.42 ». Ces dernières sont inférieures à celle trouvées par **BOUDAOUED et BARRAH, (2017)**, et à celles trouvées par **BAZARGANI-GILANI et al., (2014)**.

Le **Tableau N°XX** représente les résultats de l'analyse de la variance pour vérifier l'influence de la composition et le temps de stockage sur l'activité antioxydante.

Tableau N°XX : Résultats de l'analyse de la variance de l'influence de la composition et le temps de stockage sur l'activité antioxydante.

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	0.171	35	0.005				
VAR .FACTEUR 1	.058	5	0.012	197.823	0		
VAR .FACTEUR 2	0.087	1	00087	1471.788	0		
VAR .FACTEUR F1*2	0.028	5	0.006	94.211	0		
VAR .RESIDUELLE	0.001	24	0			0.008	3.08%

L'analyse de la variance pour l'activité antioxydante a montré des différences très hautement significatives ($p \leq 0.001$). Donc la composition et le temps de stockage influence sur l'activité antioxydante.

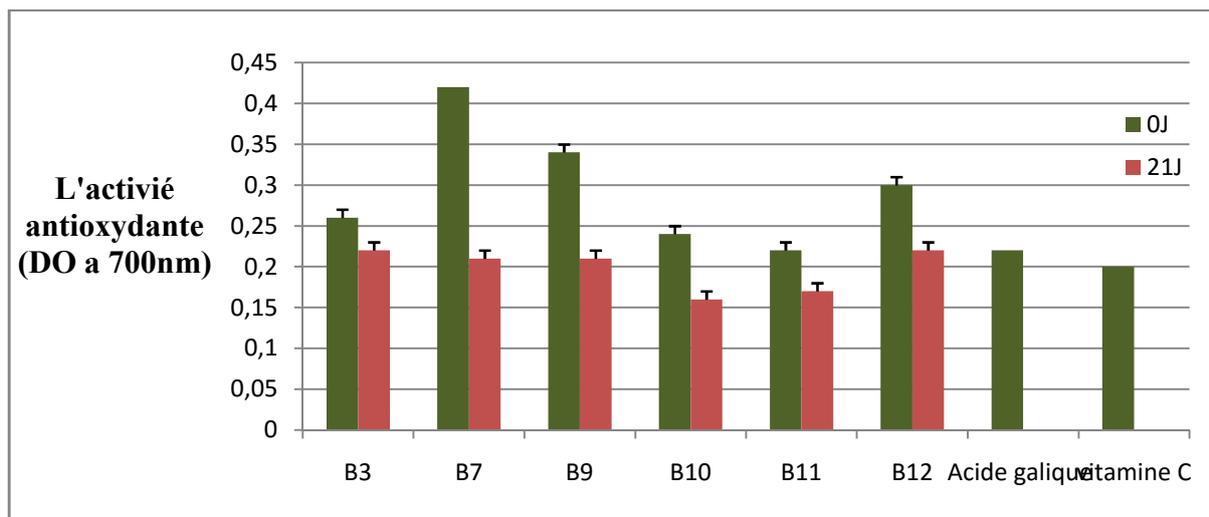


Figure N°22 : Résultats de l'activité antioxydante des boissons formulées à t=0 jour et t=21 jours.

II.2 Résultats des analyses microbiologiques après 21 jours de stockage

Les résultats des analyses microbiologiques sur les boissons formulées après 21 jours de stockage à l'air ambiant, sont présentés dans le **Tableau N°XXI**.

Tableau N°XXI : Résultats des analyses microbiologiques des boissons formulées après 21 jours de stockage à l'air ambiant.

Formule Germe Recherché	B3	B7	B9	B10	B11	B12	Normes (JORA, 1998) (UFC)
Flore mésophile totale	Abs	IND	Abs	Abs	Abs	Abs	10^5
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Levures	Abs	IND	Rare	Rare	Abs	Abs	10^2-10^3
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Ab	Abs	Abs	10^2-10^3
Clostridium sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Nous nous sommes référés, dans cette analyse, aux normes des jus et boissons à base de fruits fixées par le **JORA, (1998)**.

On note l'absence totale des germes pathogènes (Staphylococcus aureus, Clostridium sulfito-réducteurs) dans toutes les boissons, qui est conforme aux normes **JORA, (1998)**. Cela

est peut être dû au traitement thermique (la pasteurisation) effectué sur les boissons du fait que ces germes pathogènes sont extrêmement sensibles à la chaleur, de plus l'addition de sucre et d'acide citrique accroît la stabilité microbiologique du produit par abaissement de pH et de l'activité de L'eau (A_w).

L'absence des coliformes totaux et fécaux dans les boissons est conforme aussi à la norme, ce résultat est expliqué par les bonnes pratiques d'hygiène pendant la formulation des boissons.

Quant aux levures et aux moisissures, les résultats ont révélé une absence totale des moisissures dans toutes les boissons. Les levures sont absentes dans les boissons B3, B11, B12 mais présentes dans les boissons B7, B9, B12 cela est expliqué par la non efficacité de traitement thermique effectué (la pasteurisation à 80°C pendant 20min).

Nous avons remarqué l'absence de la flore mésophiles dans toutes les boissons sauf dans la boisson B7. L'absence de cette flore dans les boissons est due au traitement thermique que la boisson a subi, et aux bonnes pratiques d'hygiène et à l'effet de conservateur chimique (L'acide citrique). Contrairement à la boisson B7 où on a marqué la présence de cette flore et cela peut être causé par la non efficacité de traitement thermique et aux conditions de stockage (température).

II.3 Résultats de test de dégustation

Le test de dégustation des boissons formulées, a pris en compte plusieurs paramètres à savoir : la couleur, la consistance, l'odeur, le goût, la texture.

II.3.1 La couleur

Les résultats du test de dégustation pour la couleur sont mentionnés dans la **Figure N°23**.

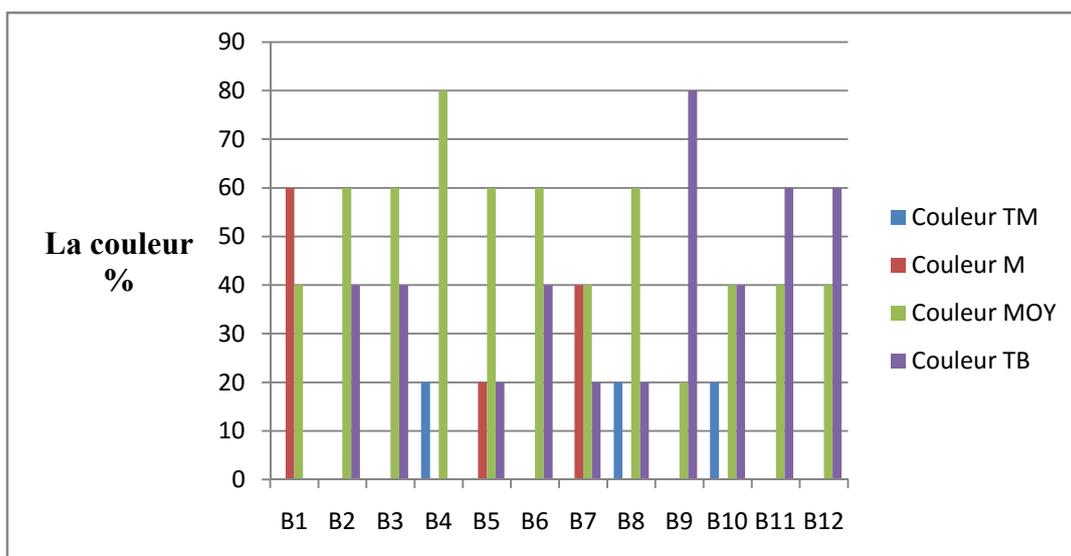


Figure N°23 : Résultats d’analyse sensorielle pour la couleur.

D’après la figure N°23, on remarque des différences de couleur des douze boissons formulées. Cela est dû à la différence de la concentration initiale en jus de grenade et en jus de pomme. On note aussi que la couleur de la boisson B9 est choisie la plus bonne par le jury de dégustation du fait qu’elle a été jugée 80% très bonne et 20% moyenne. Cela est expliqué par la teneur élevée de cette boisson en jus de grenade et de pomme (75g de jus de grenade et 75g de jus de pomme).

II.3.2 La consistance

Les résultats du test de dégustation pour la consistance sont mentionnés dans la **Figure N°24**.

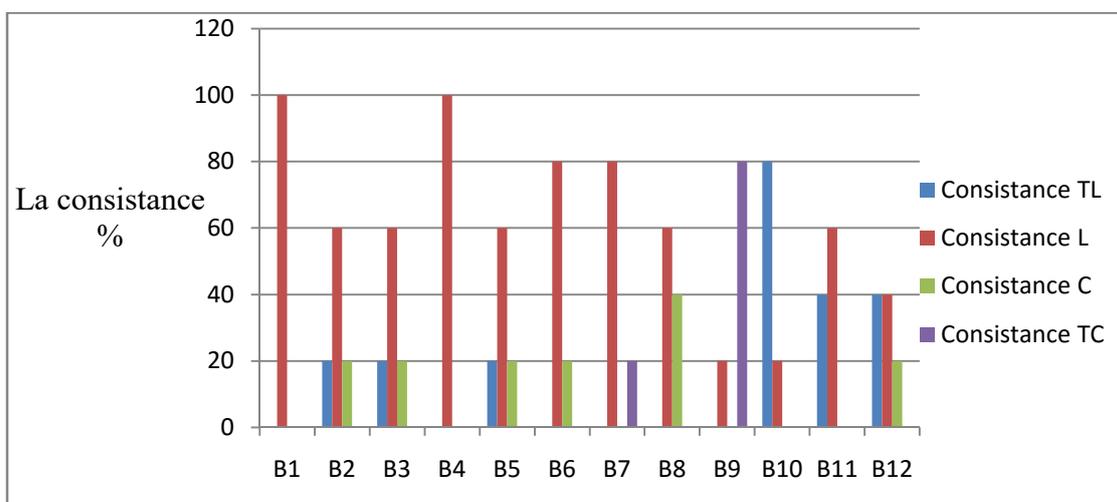


Figure N°24 : Résultats d’analyse sensorielle pour la consistance.

Les résultats obtenus montrent que le jury a jugé toutes les boissons de B1 jusqu'à B12 d'une consistance Liquide voire même trop liquide, mise à part la boisson B9. Cela est dû à l'effet de dilution et à la teneur initial de ces boissons en jus de pomme et en jus de grenade.

La consistance de la boisson B9 à été jugée comme étant la plus préférée (80% très consistante et 20% liquide). Cela est expliqué par la teneur élevée en jus de grenade et de pomme (75g de jus de grenade et 75 g de jus de pomme) dans cette boisson.

II.3.3 L'odeur

Les résultats du test de dégustation concernant l'odeur sont mentionnés dans la **Figure N°24**.

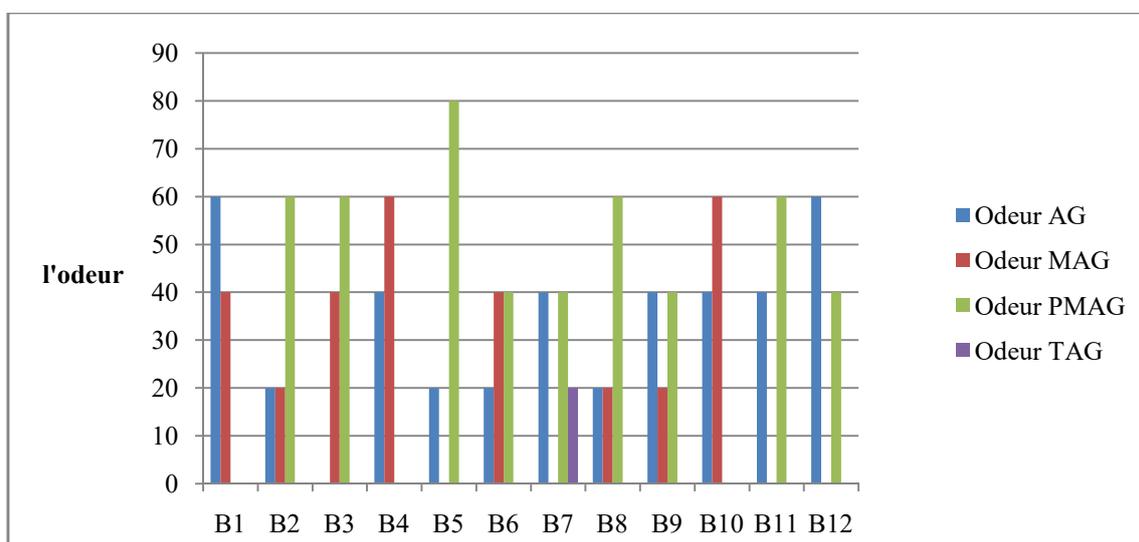


Figure N°25 : Résultats d'analyse sensorielle pour l'odeur.

D'après les résultats obtenus, on remarque que le jury de dégustation a préféré les boissons B1, B7 et B12 pour leur bonne odeur, ainsi que leur saveur agréable. Cela est expliqué par la présence d'une quantité élevée de jus de grenade dans ces boissons.

II.3.4 Le goût

Les résultats du test de dégustation concernant le goût sont mentionnés dans la **Figure N°25**.

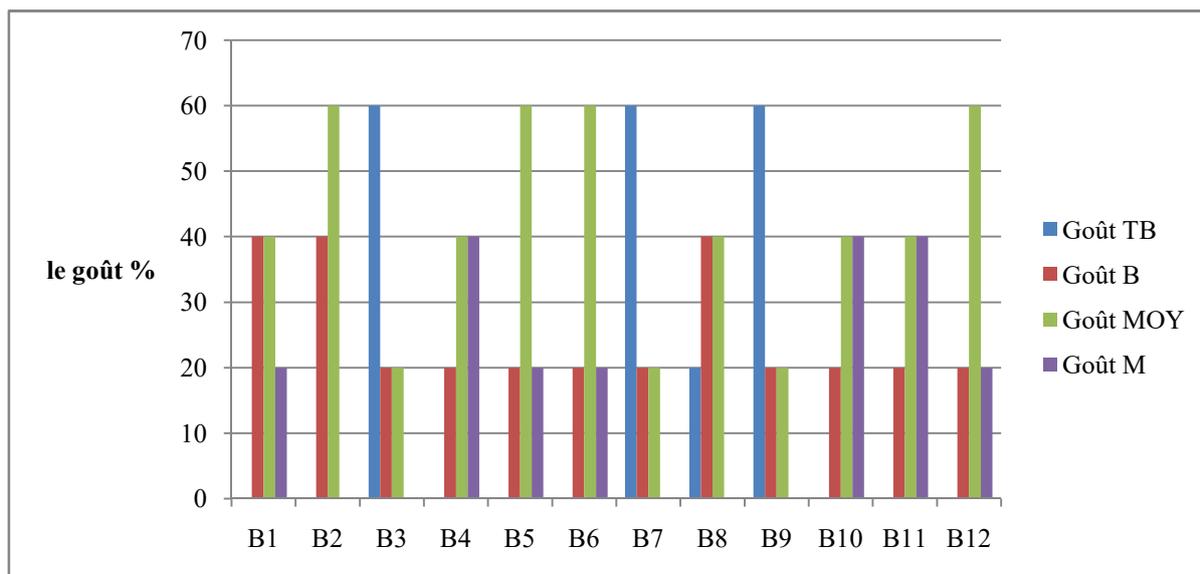


Figure N°26 : Résultats d'analyse sensorielle pour le goût.

Les résultats de l'analyse organoleptique concernant le goût, montrent que les dégustateurs ont préféré le goût des boissons B3, B7 et B9 du fait qu'elles ont été jugées à 60% du goût très bon, 20% bon et 20% moyen. Cela est dû à la quantité de jus de grenade et de jus de pomme, ainsi que la quantité de sucre que contiennent ces boissons.

II.3.5 Le goût sucré

Les résultats du test de dégustation concernant le goût sucré sont mentionnés dans la Figure N°27.

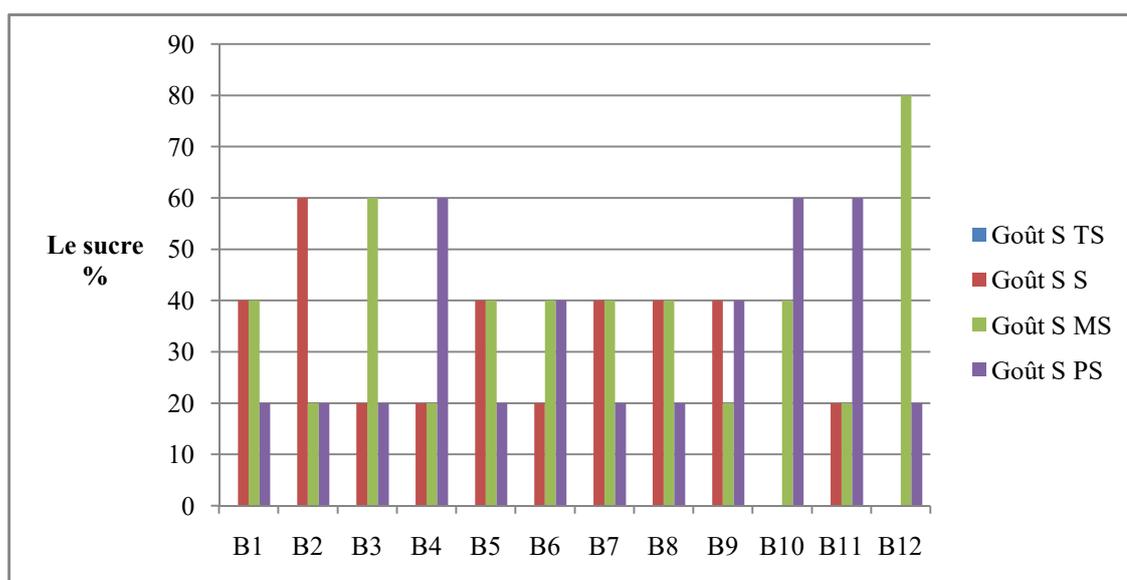


Figure N°27 : Résultats du test de dégustation pour goût sucré.

D'après les résultats obtenus, il y a des différences remarquables entre les boissons formulées, cela est dû à la différence des quantités de sucre et la quantité de jus pur ajoutées, notamment à l'effet de dilution qui joue un rôle important dans la dissolution de sucre.

Les boissons préférées par les dégustateurs avec un taux de sucre acceptable sont B3, B4, B7 B11, B12.

II.3.6 Le goût acide

Les résultats du test de dégustation concernant l'acidité sont mentionnés dans la **Figure N°28**.

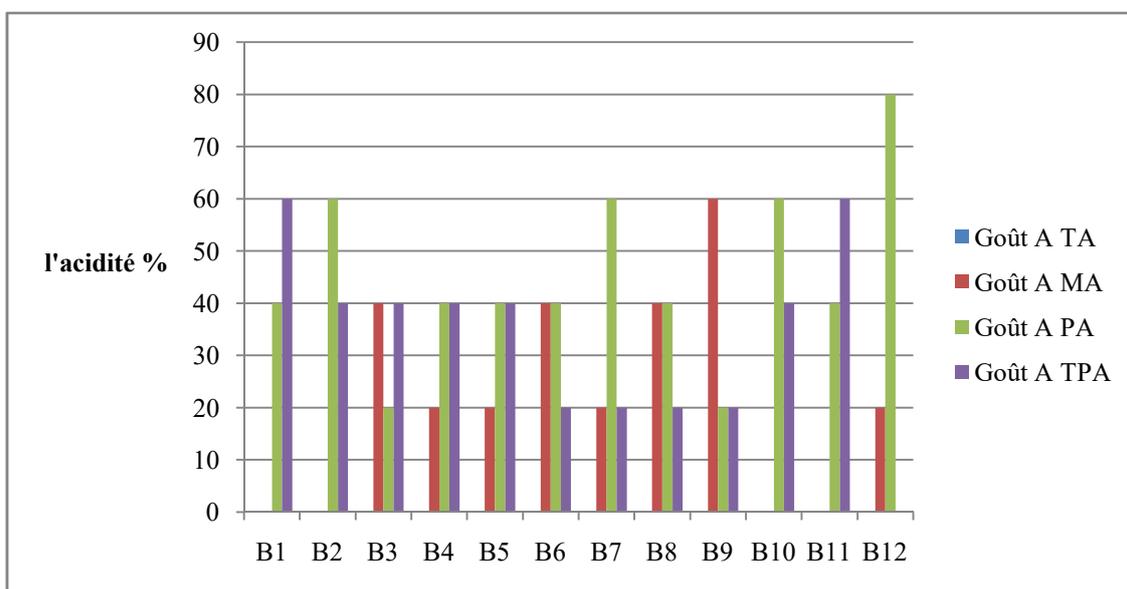


Figure N°28 : Résultats du test de dégustation pour goût acide.

Selon les résultats figurant ci-dessus, l'acidité des boissons formulées est très variable, cela est dû à la quantité de l'acide citrique additionné, la teneur en acides organiques de chaque fruit, la quantité de sucre et la quantité d'eau ajoutée.

II.3.7 La Pulposité

Les résultats du test de dégustation concernant l'acidité sont mentionnés dans la **Figure N°29**.

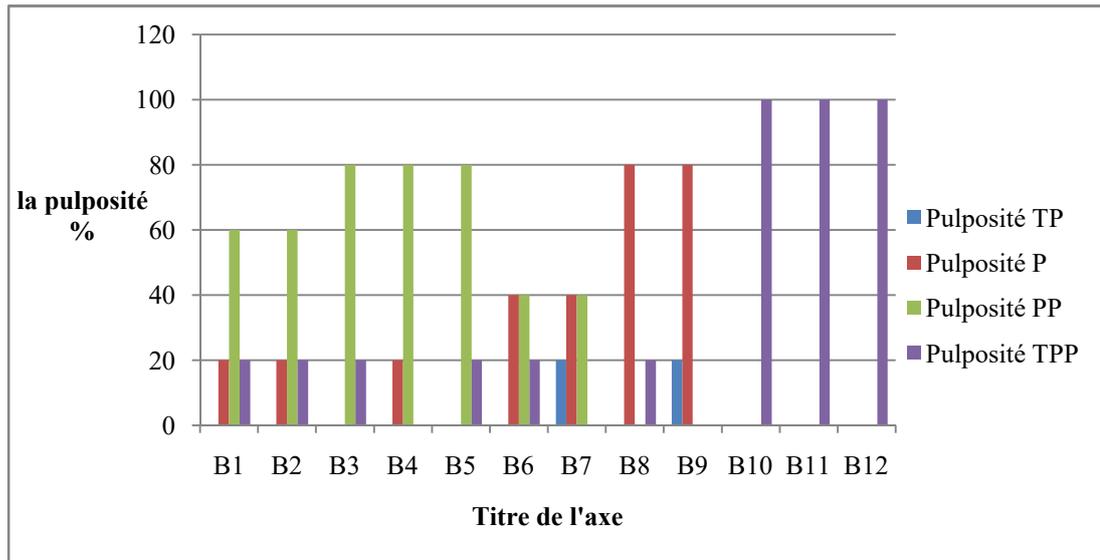


Figure N°29 : Résultats du test de dégustation pour la Pulposité.

D'après les résultats obtenus, il y a des différences entre les boissons formulées, où on a remarqué que les boissons B1, B2, B3, B4, B5 et B6 ont été jugées peu pulpeuses, et les boissons B10, B11 et B12 trop peu pulpeuses et que les boissons B7, B8 et B9 présentent la caractéristique pulpeuse. Cela est expliqué par la teneur initiale des boissons en jus de pomme et l'effet de dilution.

Conclusion et Perspectives

Le grenadier est un arbre largement cultivé en Algérie, particulièrement en Kabylie. Sa culture a pour objectif de donner une valeur et une diversification de la production fruitière dans notre pays.

En raison de la non-disponibilité de ce fruit qui est due à sa production saisonnière, des concepts et des essais sont adoptés en vue de prolonger sa conservation dans le temps et dans l'espace tout en le transformant en formes de boissons nectars et cocktails.

La qualité des boissons ainsi que leur valeur nutritionnelle sont en rapport directe avec les caractéristiques de la matière première, sa composition chimique, ainsi que la formulation adéquate de tous les ingrédients.

Après avoir fini notre expérimentation, nous avons réussi à atteindre notre objectif qui est la réalisation d'une boisson type cocktail « 9 boissons et 3 témoins, avec une différence de composition en jus de grenade et en jus de pomme, aussi que le taux de sucre et d'acide citrique ajouté ».

Les analyses physicochimiques effectuées sur les 6 boissons, soient 3 boissons et 3 témoins, qui ont été sélectionnées par le jury de dégustation ont permis de mesurer le Brix°, le pH, l'acidité titrable, la vitamine C, les sucres, la pectine, les composés phénoliques et l'activité antioxydante :

- La mesure de pH a révélé que les boissons sont acides, ce qui leur confère une bonne protection contre les microorganismes, et une teneur en acidité titrable importante qui met en évidence sa richesse en acides organiques ;
- La mesure de l'activité antioxydante, le dosage des polyphénols et la vitamine C nous a montré que nos boissons sont riches en composés phénoliques et en agents antioxydants « exemple de la vitamine C » d'où leur activité antioxydante élevée, qui présentent des bienfaits pour la santé.
- Le dosage des sucres a révélé une teneur moyenne en sucre, ce qui montre que ce jus est moins sucré par rapport aux autres jus de fruits ;
- Le dosage des pectines nous a montré que les boissons où il y a une grande teneur en jus de pomme comprennent des valeurs importantes en pectines.

Quant aux analyses microbiologiques, les boissons formulées ont subi un test de stabilité qui consiste en leur entreposage à l'air ambiant pendant 21 jours. Nos boissons ont été jugés stables durant cette période, L'ensemble des analyses physico-chimiques et

microbiologiques effectuées montrent la conformité de nos produits aux différentes normes notamment celle de *JORA (1998)* pour la microbiologie.

A l'issue de nos expérimentations, nous pouvons conclure que la grenade peut effectivement avoir un avenir meilleur dans l'industrie agroalimentaire algérienne ; il peut être facilement transformé en boissons et nectars grâce à des procédés peu exigeants et une technologie peu coûteuse.

La grenade présente aussi, à côté de ces valeurs nutritionnelles et thérapeutiques, des intérêts économiques et écologiques très importants d'où la nécessité de lui accorder plus d'intérêt en suivant quelques perspectives et recommandations :

- ❖ Chercher à découvrir et à élargir les études sur la grenade et ces variétés ;
- ❖ Identifier les composés phénoliques et le pouvoir antioxydant par des techniques plus avancées et plus innovées (exemple de l' HPLC...) ;
- ❖ Introduire la culture du grenadier dans les projets de développement du ministère de l'agriculture ;
- ❖ Compléter l'étude par des travaux sur d'autres paramètres physico-chimiques (dosage des sels minéraux, oligo-éléments...etc.) ;
- ❖ Instaurer un partenariat entre la recherche agronomique et les investisseurs pour la transformation technologique et la réalisation des projets pilotes ;
- ❖ Poursuivre cette recherche en s'approfondissant sur la classification, les effets thérapeutiques ... etc., de façon à mieux valoriser ce fruit ;
- ❖ Evaluer la qualité nutritionnelle globale du produit.

Références Bibliographiques

A

- ❖ **ACHIR Z., HAMMAR L. (2010).** Caractérisation physico-chimique des mures (*rubus fruticosus*) et essai de fabrication d'une boisson SMOOTHIES. Mémoire d'ingénieur, UMMTO, Tizi-Ouzou.
- ❖ **ACKLAND, M.L., VAN DE WAARSENBURG, S., JONES R., 2005.** Synergistic ant proliferative action of the avonols quercetin and kaempferol in cultured human cancer cell lines. In Vivo. 19, 69–76.
- ❖ **ADAMS, L.S., SEERAM, N.P., AGGARWAL, B.B., TAKADA, Y., SAND, D., HBER D. (2006).** Pomegranate juice, total pomegranate ellagitannins and punicalagine suppress in amatory cell signaling in colon cancer cells. J. Agric. Food Chem. 54, 980–985.
- ❖ **ADVANCE IN NUTRITION**, Volume 2, Issue 5, 1 September 2011, Pages 408–420, <https://doi.org/10.3945/an.111.000513>
- ❖ **AFNOR (1986).** Fruits et légumes. Vocabulaire.
- ❖ **AFNOR (2002).** Analyse sensorielle - Vocabulaire NF-X-50-109.
- ❖ **AFNOR (2002).** Analyse sensorielle. ISO 5492 1992: 380.
- ❖ **ALAIS C., LINDEN G. et MICRLO L. (2003).** Biochimie alimentaire, 5^{ème} édition de l'abrégé. Edition DUNOD. Paris.
- ❖ **ALAVOINE F., CROCHON M., FADY C., FAVOT J., MORAS P., PECH J-C. (1998).** La qualité gustative des fruits. Méthodes pratiques d'analyses. PP : 7-18.
- ❖ **ALBAGNAC G., VAROQUAUX P. et MONTIGAUD J.-C. (2002)** Technologies de transformation des fruits., Paris, Lavoisier: 498p
- ❖ **ALLAM A., 2015 -** *Etude de la diversité biologique des plantes cultivées des palmeraies de la région du Haut Oued Righ* .Thèse Doct., Agro., Univ. Ouargla, 125p.
- ❖ **AL-MAIMAN S.A., AHMED D. (2002).** Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit maturation. Food Chem. 76, PP 437-441.
- ❖ **ANONYME 1, (2016).** <http://elitepresse.com/actualites/djelfa-la-grenade-de-messaad-une-marque-deposee/>.
- ❖ **ANONYME 2, (2016).** <http://algerie7.com/campagne-de-recolte-de-grenade-a-msila-une-production-de-plus-de-20-000-tonnes-attendue/>.
- ❖ **ANONYME 3, (2013).** <https://www.santeconseils.com/la-grenade-fruit-du-couplevieillissant>.

Références bibliographiques

- ❖ ANONYME, (2006). Les jus de fruits. <http://www.naturalia.fr>
- ❖ ANONYME, (2007). Effect of a diet rich in fruits and vegetables on the plasmatic antioxidant rates and of the markers of the oxidative damage. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/69139/1/250.pdf>.
- ❖ ANONYME, (2011). La production mondiale de jus de fruits : <https://www.europages.fr/entreprises/Fabricant%20Producteur/jus%20de%20fruits.html>.
- ❖ ANONYME, (2011). Le marché européen de jus et nectars de fruits : <http://www.arboriculture-fruitiere.com/articles/commercialisation/le-marche-des-jus-de-fruits-repart-la-hausse>.
- ❖ ANONYME, (2011_a). Le marché mondial des jus de fruits : Une perspective africaine. www.axio.ma.
- ❖ ANONYME, (2011_b). Etude de positionnement stratégique de la branche jus de fruits. Cahier de CEPI N° 27. Disponible sur : <http://www.goole.dz>.
- ❖ ANONYME, (2016). Le marché Algérien de jus de fruits. Disponible sur : <https://www.elafruits.com/>
- ❖ ANONYME. (1971). APRIA. Les nouveaux procédés mécanisés et continus dans l'industrie alimentaire : industrie des jus de fruits. Tome 2. Paris : association pour la promotion de l'industrie agriculture. PP 109.
- ❖ ANONYME. Fiche des produits liquides. <http://c2hnbs.com>.
- ❖ ARA F., FISHER-ZORN M. (2008). Comparaison chimique et frelatage possible. Science et recherche, jus de grenade. VOL 1.PP :8
- ❖ AVCI A, ATLI T, ERUDER I, VARLI M, DEVRIM E, TURGAY S, DURAK I. (2007). Effects of apple consumption on plasma and erythrocyte antioxidant parameters in elderly subjects. *Exp Aging Res.*; 33:429–37.
- ❖ AVIRAM M., DORNFELD L., KAPLAN M., COLEMAN R., GAITINI D., NITECKI S., HOFMAN A., ROSENBLAT M., VOLKOVA N., PRESSER D., ATTIAS J., HAYEK T., FUHRMAN B., (2002). Pomegranate juice flavonoids inhibit low-density lipoprotein oxidation and cardiovascular disease: studies in atherosclerotic mice and in humans. *Drugs under Exp. Clint. Res.* 28, 49– 62.
- ❖ AVIRAM M., DORNFELD L., ROSENBLAT M., VOLKOVA N., Kaplan M, COLMAN R., HAYEK T., PRESSER D., FUHRMAN B. (2000). Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotéine E-deficient mice. *Am J Clint Nutr* 71:1062–76.

- ❖ **AVIRAM M., VOLKOVA N., COLEMAN R., DREHER M., REDDY M.K., FERREIRA D., ROSENBLAT M. (2008).** Pomegranate phenolics from the peels, arils, and flowers are antiatherogenic: studies *in vivo* in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient (E0) mice and *in vitro* in cultured macrophages and lipoproteins. *J Agric Food Chem.* 56:1148–57.

B

- ❖ **BAGRI P., ALI M., AERI V., BHOWMIK M., SULTANA S. (2009).** Antidiabetic effect of *Punica granatum* flowers: effect on hyperlipidemia, pancreatic cells, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in experimental diabetes. *Food Chem. Topical* 47:50–4.
- ❖ **BARZEGAR M., FADAFI A., AZIZI M.H. (2004).** An investigation on the physico-chemical composition of various pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Yazd. *Iranien J Food SCI. Techno* 2:9–14.
- ❖ **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 Doct. Phar., Univ. Montréal, 23-24pp.
- ❖ **BENAMARA S. et AGOUGOU A. (2003).** Jus alimentaire. Technologie agro-alimentaire. Ed.2.01.4280.
- ❖ **BERLINET C. (2006).** Etude de l'influence de l'emballage et de la matière sur la qualité du jus d'orange. Thèse de doctorat, ENSIA. PP : 23-29.
- ❖ **BOIRON A. (2008).** Les décrets permettraient de fixer et faire respecter les catégories. Ed, la revue de l'industrie agroalimentaire, Algérie. PP 30.
- ❖ **BONDOU P. (1992).** Maladies de conservation des fruits à pépins. Pommes et poires, Editions. INRA.
- ❖ **BOUDAOUED S. et BARRAH Y. (2017).** Préparation d'une boisson nectar à base de la grenade (*Punica granatum* L.) et étude de la stabilité. PP :80.
- ❖ **BOUMENJEL M. (2005).** Conservation des denrées alimentaires. PP 60.
- ❖ **BOUQUELET S. (2008).** Réactions brunissement. Université des sciences et technologies. Lille.
- ❖ **BOURGEOIS C-M., MESCLEJ-F et ZUCCA J. (1996).** Microbiologie alimentaire, aspect microbiologique de la sécurité alimentaire, tome 1. Tec et Doc. Lavoisier.

- ❖ **BOYER J. et LIU R. (2004).** "Apple phytochemicals and their health benefits." *Nutrition journal*. 3(1): 5.
- ❖ **BOYER J. et LIU R. (2004)** . Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr J.*;3:5.
- ❖ **BRAT P., GEORGE S. et AMIOT M.J. (2006).** "Daily Polyphenol Intake in France from Fruit and Vegetables." *J. Nutr.* 136(9): 2368-2373.
- ❖ **BRAUN J. (1999).** Cours de génie alimentaire. Site web: www.calixo.net/braun.

C

- ❖ **CAMEFORT H. (1996).** Morphologie des Végétaux Vasculaires (2nd éd.). Paris, Doin.
- ❖ **CEMEROGLU B., ARTIK N., et ERBAS S., 1992** – Gewinnung von Granatapfelsaft und seine Zusammensetzung. *Flussiges Obst*, 59, 335-340.
- ❖ **CENDRES A. (2010).** Procédés novateurs d'extraction de jus de fruits par micro-ondes : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. Thèse de doctorat. PP 33. <http://www.6.paca.inra.fr/.../Thèse%20Cendres%20Aurélien%202010.pdf>.
- ❖ **CHAN A. et SHEA T. (2007).** Folate deprivation increases presenilin expression, gamma-secretase activity and A-beta levels in murine brain: potentiating by ApoE deficiency and alleviation by dietary S-adenosyl methionine. *J Neurochem*; 102:753–60.
- ❖ **CHAN A., GRAVES V. et SHEA T. (2006).** Apple juice concentrate maintains acetylcholine levels following dietary compromise. *J Alzheimer's Dis.*; 9:287–91.
- ❖ **CHEFTEL J.C., CHEFTEL H. (1977).** Introduction à la biochimie ET à la technologie des sécurités alimentaires (Tome 1), Tec ET Doc. Lavoisier.
- ❖ **CHEFTEL J.C., CHEFTEL H. (1986).** Introduction à la biochimie et à la technologie des sécurités alimentaires (Tome 1), Tec et Doc. Lavoisier. Paris II, PP 47-52.
- ❖ **CHEFTEL J.C., CHEFTEL H., BESANCON P. (1977).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 2. Technologie et documentation.
- ❖ **CHOUAKI S., BASSADLK F., CHEBOUTI A., MAAMRI F., OUMATA S., KHELDOUN S., HAMANA M.F., DOUZENE M., BELLAH F. et KHELDOUN A, 2006** - Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. INRAA, 92 p.
- ❖ **CLAUDIAN J. (1986).** Boissons. Les aliments « manuel d'alimentation humaine ». éd. E.S.F, Paris, II, PP 399-400.

- ❖ **CODEX ALIMENTARIUS(1995)**. La norme générale codex pour les additifs alimentaires. PP 74-76.
- ❖ **CODEX STAN 247-2005, (2005)**. « Codex Alimentarius-codex General Standard for Fruit Juices and Nectars ». PP 74.
- ❖ **COMMITTEE TISOAAICIS.(1998)**. Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhino conjunctivitis, and atopic eczemas. *Lancet*. 351:1225–32.
- ❖ **CONCEICAO DE OLIVEIRA M., SICHIERI R. et MOURA A. (2003)** Weight loss associated with a daily intake of three apples or three pears among overweight women. *Nutrition*. 19:253–6.

D

- ❖ **DARINMOU, (2000)**. Conseils pour le consommateur. Laboratoire darinmoub. Site web: darinmoub.com/conseils.pdf.
- ❖ **DAS A.K., MANDAL S.C., BANERJEE S.K., SINHA S., SAHA B.P. et PAL M. (2001)**. Studies on the hypoglycemic activity of *Punica granatum* seed in streptozotocine induced diabetic rats. *Phytother Res* 15(7):628–9.
- ❖ **DENIS M.C., FURTOS A. and LEVY E. (2013)**. Apple Peel Polyphenols and Their Beneficial Actions on Oxidative Stress and Inflammation. *PLoS ONE*, 8, Article ID: e53725. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0053725>.
- ❖ **DEVEREUX G. et SEATON A. (2005)**. Diet as a risk factor for atopy and asthma. *J Allergy Clin. Immunol.*;115:1109–17.
- ❖ **DJOUDI F., ZITOUNI S. (2010)**. Formulation d'une boisson à base de purée de tomate, de fraise et de raisin rouge. Mémoire d'ingénieur, INA, Alger. PP 11, 14, 50, 54,70.
- ❖ **DU PONT M.S., BENNETT R.N. and WILLIAMSON G. (2002)**. Polyphenols from Alcoholic Apple Cider Are Adsorbed, Metabolized and Excreted by Humans. *Journal of Nutrition*, 132, 172-175.

F

- ❖ **ELGAMOUZ S. (2016)**. Le suivi de la teneur de la vitamine C dans un jus industriel. Chimie des molécules Bioactives (CMBA). Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, 2016, 39-40.
- ❖ **ELHAKMAOUI A. (2008)**. Cours de contrôle de qualité. PP 65.

- ❖ **EI-NEMR S.E., ISMAIL I.A. & RAGAB M. (1992).** The chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruits. *Fluessiges-obst*.59(11). *Fruit processing*, 2(11), 162–164.
- ❖ **ERWAN B. (2010).** Aptitude variétale des pommes à la transformation : Recherche d'indicateurs biochimiques de l'évolution de la texture et de marqueurs d'intérêt nutritionnel. Thèse de doctorat, Université d'ANGERS, France.
- ❖ **ESMAILZADEH A. et AZADBAKHT L. (2008).** Food intake patterns may explain the high prevalence of cardiovascular risk factors among Iranian women. *J Nutr* 138(8):1469–75.
- ❖ **ESPIRADE. (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Paris, Lavoisier. PP 360.

F

- ❖ **FADAFI A., BARZEGAR M., AZIZI M.H. et BAYAT M. (2005).** Physicochemical composition of ten pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in Iran. *Food Sci Technol Int* 11:113–9.
- ❖ **FAN J. et WATANABE T. (2003).** Inflammatory reactions in the pathogenesis of atherosclerosis. *J Atherosclerosis Thromb* 10:63–71.
- ❖ **FAOSTAT (2007).** Sur <http://faostat.fao.org>.
- ❖ **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. ORSTOM édition. 213, rue Lafayette-15480, paris cedex 10. INRA édition, 147, rue de l'université- 75338 paris cedex 07.
- ❖ **FRENOT M. et VIERLING E. (2002).** Biochimie des aliments, diététique du sujet bien portant : sciences des aliments. Dion Editeurs, Bordeaux. PP : 134-135-136.

G

- ❖ **GALLUS S., TALAMINI R., GIACOSA A., MONTELLA M., RAMAZOTTI V., FRANCESCHI S., NEGRI E. et La VECCHIA C. (2005)** Does an apple a day keep the oncologist away *Ann Oncol*. 16:1841–4.
- ❖ **GIANNA F., IMMA T., TIZIANA B. (2014).** Apple as a Source of Dietary Phytonutrients: Bioavailability and Evidence of Protective Effects against Human Cardiovascular Disease. *Food and nutrition science*, 5, 1234, 1246.

- ❖ **GIL M.I., TOMAS-BARBERAN F.A., HESS-PIERCE B., HOLCROFT D.M., KADER A.A. (2000).**Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolics composition and processing. *J Agric Food Chem.* 48:4581–9.
- ❖ **GRAVES V, SHEA T. and CHAN A. (2006).** Apple juice concentrate maintains acetylcholine levels following dietary compromise. *J Alzheimers Dis.;* 9:287–91.
- ❖ **GRAZIANI G., D'ARGENIO G., TUCCILLO C., LOGUERCIO C., RITIENI A., MORISCO F., DEL VECCHIO B., FOGLIANO V., ROMANO M. (2005).** Apple phenol extracts prevent damage to human gastric epithelial cells in vitro and to rat gastric mucosa in vivo. *Gut.* 54:193–200.
- ❖ **GUILLET F., BENNEFOY C., LEYRAL G., BOURDAIS E-V. (2002).** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Ed. Centre régionale de documentation pédagogique d'aquitaine, Bordeaux. PP 45.
- ❖ **GUILLOTIN S. (2005).** Studies on the intra- and intermolecular distributions of substituents in commercial pectins. *Sciences de l'Aliment.* Wageningen Wageningen University: 190.
- ❖ **GUIRAUD J-P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunaux. Paris PP: 12-71, 109-126, 151-166, and 473-475.
- ❖ **GUY A., VAROQUAUX P et MONTIGAUD J. (2002).** Technologie de transformation des fruits. Tec & doc éditions. Paris. Collection sciences et techniques agroalimentaires.

H

- ❖ **Hays, W.B. 1957.** Fruit growing in India. 3rd ed., p. 408–411. Kitabistan, Allahabad, India.
- ❖ **HEINECK J.W. (1998).** Oxidants and antioxidants in the pathogenesis of atherosclerosis: implications for the oxidized low density lipoprotein hypothesis. *Atherosclerosis* 141:1–15.
- ❖ **HEINECK J.W. (2006).** Lipoprotein oxidation in cardiovascular disease: chief culprit or innocent bystander? *J Exp. Med* 203(4):813–6.
- ❖ **HELLIER R., ESNAULT R. et LANCE C. (2000).** Formation des fruits et des graines. *Physiologie végétale. 2-Développement.* Dunod: 220-239.
- ❖ **HERTOG M.G., FESKENS E., HOLLMAN P., KATAN MB, KROMHOUT D. (1993).** Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease; the Zutphen Elderly Study. *Lancet.* 342:1007–11.

- ❖ **HMID I., ELOTHMANI D., HANINE H., OUKABLI A., MEHINAGIC E. (2017).** Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Morocco. *Arabian Journal Chemistry*, Vol 10, S2675-S2684

J

- ❖ **JAISWAL V., DERMARDEROSIAN A., PORTER J.R. (2010).** Anthocyanins and polyphénols oxidase from dried arils of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Food Chem.* 118:11–6.
- ❖ **JOHSTON K., CLIFFORD M. et MORGAN L. (2002).** Possible role for apple juice phenolics compounds in the acute modification of glucose tolerance and gastrointestinal hormone secretion in humans. *J Sci Food Agric.*; 82:1800–5.
- ❖ **JORA, (1998).** Arrêté du 27/05/1998 de journal officiel de la république algérienne N°35. Relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires
- ❖ *Journal of Innovative food Science and Emerging Technologies* 11(2010). PP: 84-90.

K

- ❖ **KACI MEZIANE Z., 2015 -** Perspectives de développement et de valorisation des sous-produits de la grenade (*Punica granatum* L.) de la zone de la Mitidja (nord Algérie). *Symposium international Société, Agro-Biotechnologie, Environnement et Développement Durable du : 27 au 29 Mai 2015.*
- ❖ **KADI S. (2011).** Essai de fabrication d'un nectar de fruits à base de pulpe de raisin (*Vitis vinifera*) et de purée de fraise (*Fragaria ananassa duch*) et essai de stabilité. Mémoire d'ingénieur, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou
- ❖ **KATZ S.R., NEWMAN R.A. et LANSKY E.P. (2007).** *Punica granatum*: heuristic treatment for diabetes mellitus. *J Med Food* 10(2):213–7.
- ❖ **KAWAII S. et LANSKY E.P. (2004).** Differentiation-promoting activity of pomegranate (*Punica granatum*) fruit extracts in HL-60 human promyelocytic leukaemia cells. *J. Med. Food.* 7 (1), 13 -8.
- ❖ **KHAN M.M., et MARTEL A.E. (1967).** Metal ion and metal chelate catalyzed oxidation of ascorbic acid by molecular oxygen. *Journal of the American chemical society*, 89. PP 4176-4185.

- ❖ **KNEKT P., JARVINEN R., REUNANEN A. et MAATELA J. (1996)** Flavonoids intake and coronary mortality in Finland: a cohort study. *BMJ.*; 312:478–81.



- ❖ **LAN J., LEI F., HUA L., WANG Y., XING D. et DU L. (2009).** Transport behavior of ellagic acid of pomegranate leaf tannins and its correlation with total cholesterol alteration in HepG2 cells. *Biomed Chromatograph* 23:531–6.
- ❖ **LANSKY E P., NEWMAN R. A., (2007)** – *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of ethnopharmacology*, 109:177-206.
- ❖ **LANSKY E.P., HARRISON G., FROOM P. et JIANG W.G. (2005).** Pomegranate (*Punica granatum*) pure chemicals show possible synergistic inhibition of human PC-3 prostate cancer cell invasion across Matrigel. *Investigational New Drugs*. 23, 121-2.
- ❖ **LAROSA M., GONZALES-SARNAS A., DOLARA P. et 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. *J Nut Biochem*. 21(8):717–25.
- ❖ **LECERF J-M. (2002).** La santé au quotidien avec les jus de fruits. Institut Pasteur, Lille, PP 1-20.
- ❖ **LEE C.J., CHEN L.G., LIANG W.L. and WANGA C.C. 2010.** Anti-inflammatory effects of *Punica granatum* Linne *in vitro* and *in vivo*. *Food Chem*. 118:315–22.
- ❖ **LEVIN G.M. (1985).** Dwarf fruiting forms of pomegranate. *Trudy Nauchno Issledovatel'skogo Instituta Sadovodstva, Vinogradarstva i Vinodeliya Imeni R R Shredera* 47: 23–25.
- ❖ **LEVIN G.M. (2006).** Pomegranate roads: a Soviet botanist's exile from Eden. pp. 15 183. B.L. Baer (ed.), Floreat Press, Forestville, CA.
- ❖ **LEYRAL G et VIERLING E., (2001).** Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaire. Doines édition. Paris. PP 183.
- ❖ **LEYRAL G et VIERLING E., (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaire. 4^{ème} édition. Doines édition. Paris. PP 183.
- ❖ **LI Y., QI Y., HUANG T.H.W., YAMAHARA J. and ROUFOGALIS B.D. (2008).** Pomegranate flower: a unique traditional Antidiabetic medicine with dual PPAR- α /- γ activator property. *Diab Obes Meta* 10(1):10–7.

- ❖ **LI Y., WEN S., KOTA B.P. and PENG G. (2005).** *Punica granatum* flower extract, a potent alpha-glucosidase inhibitor, improves postprandial hyperglycemia in Zucker diabetic fatty rats. *J Ethnopharmacology* 99:239–44.
- ❖ **LIU J.Y. (2003).** Duanzhihong, a spur type pomegranate variety. *China Fruits* 6:3–4.
- ❖ **LOOTS D.T., VAN DER WESTHUIZEN F.H., JERLING J. (2006).** Polyphenol composition and antioxidant activity of Kei-Apple (*Dovyalis caffra*) juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: PP: 1271-1276

M

- ❖ **MADLENER S., ILLMER C. and HORVATH Z., (2006).** Gallic acid inhibits ribonucleotide reductase and cyclooxygenases in human HL-60 promyelocytic leukemia cells. *Cancer Letters* (Epub ahead of print).
- ❖ **MAFART P. (1996).** Génie alimentaire : les procédés physiques de conservation. Lavoisier. Paris.
- ❖ **MARIA I., FRANCESCO A., HESS-PIERCE B., DEIRDRE M. (2000).** Antioxidant Activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Food chemistry*. Vol 48. N° 10. PP : 4581-4589.
- ❖ **MARS M. (2000).** Pomegranate plant material: Genetic resources and breeding, a review. *Options Méditerranéennes Série A, Séminaires Méditerranéens* 42:55–62.
- ❖ **MATSUI T. and EBUCHI S. (2002).** Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki can be achieved through the alpha-glucosidase inhibitory action. *J Agric Food Chem*. 50:7244–8.
- ❖ **MELGAREJO P. (1993).** Selección y tipificación varietal de granado (*Punica granatum* L.). Thèse Doctorat. Univ. Politécnica de Valencia, Spain (UPV), 456p.
- ❖ **MELGAREJO P. et VALERO D. (2012).** International Symposium on the Pomegranate. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 103, Madrid (Spain)*, 337 p.
- ❖ **MORGAN D. (2013).** Les différents moyens de conservation des aliments.
- ❖ **MOUHAMADOU K. (2014).** incidence de traitements thermiques sur le parenchyme de Pomme (*Malus Domestica*) et diffusion des composés phénoliques. Thèse de doctorat, Université d'Avignon, France.
- ❖ **MULTON J-L. (1992).** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Ed : Tec. et Doc-Lavoisier. APRIA ; PP : 169-178.

N

- ❖ **NALWADI U.G., DASAPPA M.A.N. and REDDY A. (1973).** Studies on the floral biology of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Mysore J. Agr. Sci.* 7:213–225.
- ❖ **NEANTE T. (2006).** Sciences des aliments, biochimie, microbiologie, procédés, produits. Lavoisier, Paris, Londres. PP : 123.
- ❖ **NEURATH A.R., STRICK N. and LI Y.Y. (2004).** *Punica granatum* (Pomegranate) juice pro-vides an HIV-1 entry inhibitor and candidate topical microbicide. *BMC Infect. Dis.* 4, 41.
- ❖ **NOUT R., HONNHONIGANJ-D et BOEKELT-V. (2003).** Les aliments : transformation, conservation et qualité. ED.CTA, Germany. PP 37-42,134-2611,109-119.

O

- ❖ **OLIVEIRA M., SICHERI R. and Moura A. (2003).** Weight loss associated with a daily intake of three apples or three pears among overweight women. *Nutrition.* 19:253–6.
- ❖ **OUKABLI A., BELLAJI M., CHAHBAR A., ELKACEMI A., LAHLOU M., ALLABOU M. (2004).** Comportement de clones locaux et de variétés étrangères de grenadier (*Punica granatum* L.) conduits dans la région de Meknès. *Al Awama.*3, PP 111.
- ❖ **OZGUVEN A.I., TATLI M. COSKUN M. and DASKAN Y. (1997).** Fruit characteristics of some Mediterranean and Aegean pomegranate varieties under ecological conditions of Adana, Turkey. *Acta Hort.* 441:345–349.

P

- ❖ **PARMAR H.S. and KAR A. (2007).** Antidiabetic potential of *Citrus sinensis* and *Punica granatum* peel extracts in alloxan-treated male mice. *BioFac* 31(1):17–24.
- ❖ **PHIL M. (2005).** Structure and functionality of the pigments isolated from *Onosmaphipidum* (Rantanjot) *Terminaliacatappa* (Janglibadam) and the other tropical plants. In université de Karachi department des sciences des aliments et de technologies. Thèse doctorat soutenue Février 2005. PP 312.
- ❖ **POYRAZOGLU E., COKMEN V and ARTIK N. (2002).** Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. *J Food Comp Anal* 15:567–75.

- ❖ **PRASHANTH D., ASHA M.K. and AMIT A. (2001).** Antibacterial activity of *Punica granatum*. *Fitoterapia*. N°72. Pages 171-173.
- ❖ **PROLONGEAU V., RENAUDIN N., (2009).** Charte d'engagement volontaire de progrès nutritionnels : jus et nectar de fruits. Version grand public, UNIJUS. PP 6.

R

- ❖ **RAKOTOVAO A-M. (1999).** Contribution à la valorisation des courges et des pommes en marmelade. Mémoire d'ingénieur. Université d'Antananarivo, Madagascar. PP6, 20, 21, 37, 40.
- ❖ **ROUDOT A.C. (2002).** Rhéologie et Analyse de texture des aliments.
- ❖ **RUBY F., DIONNE J.Y. (2007).** Produits de santé naturels. Vitamine C. (passeport santé. Net). PP : 1.
- ❖ **RUSSO F., CHIMIENTE G., RIEZZO G., PEPE G. (2008).** Inulin-enriched pasta affects lipid profile and Lp(a) concentrations in Italian young healthy male volunteers. *Eur J Nutr* 47(8):453–9.

S

- ❖ **SASSANO G., SANDERSON P., FRANX J., and GROOT P. (2009).** Analysis of pomegranate seed oil for the presence of jacaric acid. *J Sci Food Agric* 89:1046–52.
- ❖ **SCALBERT A., MANACH C. and MORAND C. (2005).** Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit Rev Food Sci Nut* 45:287–306.
- ❖ **SEERAM N., LEE R., HARDY M. and Heber D. (2005a).** Rapid large-scale purification of ellagitannins from pomegranate husk, a by-product of the commercial juice industry. *Sep Purif Technol* 41:49–55.
- ❖ **SEERAM N., SCHULMAN R. et HEBER D. (2006).** *Pomegranates. Ancient roots to modern medicine*. Ed. Taylor & Francis, U.S.A., 244 p.
- ❖ **SEERAM N., SCHULMAN R. et HEBER D. (2006).** *Pomegranates: Ancient Roots to Modern Medicine*. Taylor and Francis CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- ❖ **SEERAM N.P., ADAMS L.S. and HENNING S.M. (2005b).** *In vitro* antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagine, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *J Nut Biochem* 16:360–7.

- ❖ **SEERAM N.P., ADAMS L.S. and HENNING S.M. 2005.** In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagine, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *J. Nutr. Biochem.* 16, 360–367.
- ❖ **SHEA T., TCHANTCHOU F, CHAN A, KIFLE L. and ORTIZ D. (2005).** Apple juice concentrate prevents oxidative damage and impaired maze performance in aged mice. *J Alzheimers Dis.* 8:283–7.
- ❖ **SHEETE M.D, DUBOIS M.L. and WILLIAMSON J.G. (2004).** Pomegranate: Ancient Roots to Modern Medicine. Taylor and Francis CRC Press, Boca Raton, FL, USA
- ❖ **SHULMAN Y., FAINBERSTEIN L. and LAVEE S. (1984).** Pomegranate fruit development and maturation. *J. Hort. Sci.* 59:265–274.
- ❖ **SICREE R, SHAW J.E. and ZIMMET P.Z. (2003).** The global burden of diabetes. In: Gan. D, editor. *Diabetes atlas.* 2nd ed. Brussels: Intl. Diabetes Federation. p 15–71.
- ❖ **SIZER C.E., WAUGH P.L., EDSTAM S. and ACKERMAN P. (1988).** Maintaining flavor quality of aseptic orange juice. *Food Technology,* 42(6). PP: 152-159.
- ❖ **SONG Y., MANSON J., BURING J. and SESSON H. (2005)..** Associations of dietary flavonoids with risk of type 2 diabetes, and markers of insulin resistance and systemic inflammation in women: a prospective and cross-sectional analysis. *J Am Coll Nutr.*;24:376–84
- ❖ **SPICHIGER R.-E. et SAVOLAINEN V. (2004).** Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. Editions Presses polytechniques et universitaires romandes. Troisième édition.. 413 pages.
- ❖ **STIEVENARD R. et LEBRUN J.L. (1996).** *Les Pommes du Nord.* Villeneuve - d'Ascq : Centre Régional de Ressources Génétiques, Espace Naturel Régional.
- ❖ **SZKUDELSKI T. (2001).** The mechanism of alloxan and streptozotocin action in β cells of the rat pancreas. *Physiol Res* 50:536–46.

T

- ❖ **TCHANTCHOU F., CHAN A. and KIFLE L. (2005).** Apple juice concentrate prevents oxidative damage and impaired maze performance in aged mice. *J Alzheimer's Dis;* 8:283–7.

- ❖ **TEHANIFAR A., ZAREI M., NEMATI Z., ESFANDIYARI B. and VAZIFESHENAS M.R. (2010).** Investigation of physico-chemical properties and antioxidant capacity of twenty Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Sci. Hortic.* 126(2), PP180-185.
- ❖ **TRILLY Y. et BOURGEOIS C-M. (1999).** Technologie des légumes. Edition Tec et Doc. Lavoisier.

U

- ❖ **USDA. (2008).** sur <http://www.ars.usda.gov>.

V

- ❖ **VALKO M., LEIBFRITZ D., MONCOL J., CRONIN M.T., MAZUR M. and TELSER J. (2007).** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol.* 39:44–84.
- ❖ **VIERLING E. (2008).** Alimentation et boissons : Technologie et aspect réglementaire. BOICIENCES ET TECHNIQUES. Alsace-Lorraine, Centre régionale de documentation pédagogique d'Aquitaine, PP 202.

W

- ❖ **WALDRON K.W., PARKER M.L. et SMITH A.C. (2003).** "Plant cell walls and food quality." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2: 101-119.
- ❖ **WITHY L.M., HEATHERBELL D.A. and STRACHAN G. (1978).** The chemical composition of some New Zealand apples and their juices. *New Zealand Journal of Science* 21, 91–97.
- ❖ **WOODS R., WALTERS H. and ABRAMSON M. (2003).** Food and nutrient intakes and asthma risk in young adults. *Am J Clin Nutr.*, 78:414-421.

X

- ❖ **XU S. et TOUYZ R.M.. (2006).** Reactive oxygen species and vascular remodeling in hypertension: still alive. *Can J Cardiol.* 22(11):947–51.
- ❖ **ZAREI M., AZIZI M., BASHIR-SADAR Z. (2011).** Evaluation of physicochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during ripening. *Fruit*, Vol.66 (2). PP: 121-129.

- ❖ **ZULUETA M. J., ESTEVE A. et FRIGOLA (2010).** Ascorbic acid in juice-milk beverage treated by high intensity pulsed electric fields and its stability during storage.

Annexes

Annexe N°I :

Appareillage

- pH mètre
- Bain marie
- Balance de précision
- Réfrigérateur
- Congélateur
- Mixeur
- Bec benzène
- Etuve
- Réfractomètre
- Autoclave
- Plaque chauffante
- Centrifugeuse
- le spectrophotomètre

Verrerie

- Des béchers
- Pipette graduée de 10ml
- Burettes
- Fiole jaugée de 100ml
- Entonnoir
- Tubes à vices stériles
- Flacons de 250 ml stériles
- Pipette pasteur
- Boîtes de pétri

Réactifs

- Acide sulfurique H_2SO_4
- Phénolphtaléine
- Solution d'acétate de plomb
- Bleu de méthylène
- Eau distillée
- Eau physiologique
- Solution tampon
- Solution Fehling A et Fehling B

- Solution NaOH à 10N et à 0.1N
- Solution DCPIP
- Solution étalon de la Vitamine C
- Solution de Carbonate de Sodium
- Ferrocyanure de Potassium à 1%
- Acide Trichloracétique à 10%
- Tampon phosphate (0.01M et pH=6)

Milieux de cultures

- PCA
- OGA
- VRBL
- CHAPMAN
- Viande Foie

Annexe N°II :**Préparation des solutions****❖ Solution Fehling = Fehling A+ Fehling B.****• Fehling A :**

- ✓ Sulfate de cuivre 40 g
- ✓ Acide sulfurique pur 2 ml
- ✓ Eau distillée 1000 ml

• Fehling B :

- ✓ Tartrate double de Na et K 200 g
- ✓ Soude pur (NaOH) 150 ml
- ✓ Eau distillée 1000 ml

➤ Filtrat 1

- ✓ 20 ml de l'échantillon
- ✓ 5 ml d'acétate de plomb
- ✓ Ajuster à 100 ml avec l'eau distillée
- ✓ Filtrer le mélange

➤ Filtrat 2

- ✓ Prélever 50ml de filtrat I
- ✓ Ajouter 5 ml d'HCl concentré
- ✓ Porter au bain marie ($T^{\circ}=70^{\circ}\text{C}/5\text{min}$)
- ✓ Neutraliser avec NaOH à 10N en présence de phénolphtaléine à 2% jusqu'apparition d'une couleur rose persistante.

❖ Solution de bleu de méthylène :

- ✓ Bleu de méthylène 2 g
- ✓ Eau distillée 1000 ml

❖ Solution d'acétate de plomb :

- ✓ Acétate neutre de plomb 5g
- ✓ Eau distillée 100 ml

❖ Solution de phénolphtaléine à 2% :

- ✓ Phénolphtaléine 2 g
- ✓ Eau distillée 100 ml

❖ Solution de NaOH à 10 N :

- ✓ Soude 40 g
- ✓ Eau distillée 1000 ml

❖ Solution de NaOH à 0.1 N :

- ✓ Soude 4 g
- ✓ Eau distillé 1000 ml

❖ Chlorure ferrique à 0.1%

- ✓ Chlorure ferrique 0.1 g
- ✓ L'eau distillé 100 ml

❖ Tampon phosphate (0.1M, pH=6)**• Phosphate di-sodique 0.2 M (1)**

- ✓ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 71.7g
- ✓ L'eau distillée 1000ml

• Phosphate mono-sodique 0.2 M (2)

- ✓ $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 27.8 g
- ✓ L'eau distillé 1000ml

❖ Tampon phosphate

- ✓ 87.8ml de la **solution (1)** + 12.3 ml de la **solution (2)** et complété à 200 ml avec de l'eau distillé, puis contrôler le pH par papier indicateur pour arriver à pH =6 ;
- ✓ Ajouter la **solution (2)** pour augmenter le pH ;
- ✓ La **solution (1)** pour baisser le pH.

❖ Solution DCPIP

- ✓ DCPIP 0.25g
- ✓ Eau distillée 500ml

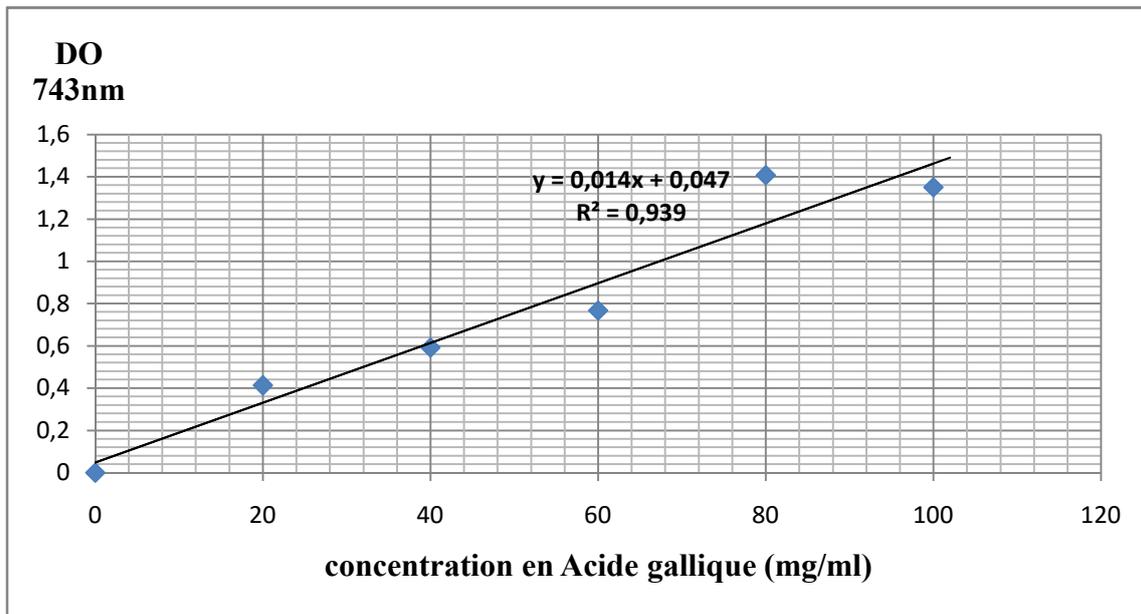
❖ Solution étalon de vitamine C

- ✓ Vitamine C 0.25g
- ✓ Eau distillée 500ml

❖ Ferrocyanure de potassium à 1%

- ✓ Carbonate de sodium 7.5g
- ✓ Eau distillée 500ml

Annexe N°III :



Courbe d'étalonnage des polyphénols.

Annexe N°IV :**Analyses microbiologiques****➤ Technique standard d'estimation des cellules viables :**

$$X = \frac{Fd \times \sum Ci}{V(N1 + 0.1N2) \times d1} \text{ (En UFC : unité formatrice de colonie).}$$

X : nombre de cellules viables dans un milieu solide ;

Fd : Facteur de dilution de la solution mère : somme des colonies comptées sur les boîtes ;

$\sum Ci$: Somme des colonies comptées sur les boîtes retenues ;

V : volume de l'inoculum (ml) ;

N1 : Nombre de boîtes retenues à la première dilution où il y a 15 à 300 colonies ;

N2 : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution où il y a 15 à 300 colonies ;

d1 : Dilution de la première boîte retenue.

Annexe N°V :

Les normes microbiologiques

Les normes des jus de fruits publiées dans le journal officiel de la République Algérienne N°35 de 27/05/1998 sont résumées dans le tableau suivant :

Microorganismes	n	c	m	M
Coliformes	5	2	Abs	Abs
Levures/1l	5	2	<20	<200
Moisissures/100ml	5	2	10	100
Clostridium Sulfito- réducteur	5	0	Abs	Abs

n : nombre d'unité composant l'échantillon ;

c : nombre d'unité de l'échantillon donnant des valeurs situées entre « m » et « M » ;

m : seuil au dessous duquel le produit est considéré comme de qualité satisfaisante ;

M : seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique ;

M=10m lors du dénombrement effectué en milieu solide ;

M=30m lors du dénombrement effectué en milieu liquide.

Annexe N°VI :**Test de dégustation**

Dans le cadre d'une enquête pour la fabrication d'un jus de cocktail à base de grenade et de pomme, nous vous proposons notre gamme de fabrication des boissons pour évaluer chacun des descripteurs pour ces formulations à l'aide de l'échelle d'intensité allant de 1 à 4. Merci de répondre à ce questionnaire.

• Comment trouver-vous ce produit ?**➤ La couleur**

- Très mauvaise
- Mauvaise
- Moyenne
- Très bonne

➤ La consistance

- Trop liquide
- Liquide
- Consistant
- Très consistant

➤ L'odeur

- Agréable
- Moins agréable
- Plus en mois agréable
- Très agréable

➤ Le goût

- Très bon
- Bon
- Moyen
- Mauvais

• Le goût (acidité)

- Très acide
- Moyennement acide
- Peu acide
- Très peu acide

- **Le goût (sucré)**

- Très sucré
- Sucré
- Moyennement sucré
- Peu sucré

- **Pulposité:**

- Très pulpeux
- Pulpeux
- Peu pulpeux
- Très peu pulpeux

Merci

Résumé

La présente étude a pour objectif la réalisation d'une boisson type cocktail à base de jus de grenade « *Punica granatum L.* » et de jus de pomme afin d'évaluer ses qualités physico-chimiques, microbiologiques et sa stabilité dans le temps. Les analyses physicochimiques (pH, le Brix°, l'acidité titrable, la vitamine C, les sucres, les pectines, les composés phénoliques et l'activité antioxydante); effectuées révèlent une acidité élevée des boissons formulés dont les valeurs de pH sont inférieures à 4, une richesse en composés antioxydants tels que les polyphénols et la vitamine C, ayant comme caractéristiques des effets thérapeutiques pour la santé tels que les propriétés anticancéreuses, antidiabétiques...etc. Quant au test de stabilité, les analyses microbiologiques après 21 jour de stockage montrent que les résultats obtenues sont conformes aux normes fixées par le **JORA, (1998)** pour les jus de fruits, ce qui explique le rôle de traitement thermique « pasteurisation » effectué et l'effet de l'acide citrique sur les boissons durant le stockage et garantissant sa stabilité.

Mots clés : grenade « *Punica granatum L.* », jus, qualité, pasteurisation, activité antioxydante, santé, **JORA, (1998)**, stockage.

Abstract

The aim of this study is to produce a cocktail-type beverage based on pomegranate juice "*Punica granatum L.*" and apple juice in order to evaluate its physico-chemical and microbiological qualities and its stability over time. Physicochemical analyzes (pH, Brix °, titratable acidity, vitamin C, sugars, pectins, phenolic compounds and antioxidant activity); performed reveal a high acidity of formulated drinks whose pH values are less than 4, a wealth of antioxidant compounds such as polyphenols and vitamin C, having as characteristics therapeutic effects for health such as anticancer, Antidiabetic ... etc. . As for the stability test, the microbiological analyzes after 21 days of storage show that the results obtained comply with the standards set by the **JORA, (1998)** for fruit juices, which explains the role of heat treatment "pasteurization" carried out and the effect of citric acid on beverages during storage and ensuring its stability.

Keys words: pomegranate "*Punica granatum L.*", juice, quality, pasteurization, antioxidant activity, health, **JORA, (1998)**, storage.