

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI – OUZOU**  
**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET SCIENCE AGRONOMIQUES**  
**DEPARTEMENT DE BOICHIMIE-MICROBIOLOGIE**



**Mémoire de fin d'étude**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences alimentaires**

**Spécialité : Biochimie de la nutrition**

**Thème**

***Dosage des sucres réducteurs et évaluation de l'activité antioxydante du jus nature et jus commercialisé (jus Ramy)***

**Rédigé par :**

*GHANES Tassadit*

*Le 15/12/2021*

**Soutenu devant le jury :**

M <sup>f</sup> Houali K.	Professeur à UMMTO	Président
M <sup>me</sup> Ouzid Y.	Maître de Conférences Classe B à UMBB	Promotrice
M <sup>me</sup> Iratni G.	Maître de Conférences Classe B à UMMTO	Co promotrice
M <sup>f</sup> Sebbane H.	Maître de Conférences Classe B à UMMTO	Examineur

**Année universitaire : 2020-2021**

## **Remerciements**

*Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant, le Miséricordieux, de m'avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de m'avoir permis de finaliser ce travail dans de meilleurs conditions.*

*J'adresse mes profonds remerciements, ma vive reconnaissance et ma sincère gratitude à ma promotrice Mme OUZID Y., Maitre de conférences classe B à UMBB, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour son aide, ses encouragements, ses précieux conseils, sa patience, tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Mes sincères remerciements à ma co promotrice Mme IRATNI G., Maitre de conférences classe B au Département de Biochimie et Microbiologie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour ses orientations et conseils.*

*Mes chaleureux remerciements vont à Mr HOUALI K., professeur au Département de Biochimie et Microbiologie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pour avoir accepté de présider le jury.*

*Mes remerciements à Mr SEBBANE H., Maitre de conférences classe B au Département de Biochimie et Microbiologie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pour avoir l'honneur d'accepté d'examiner ce travail.*

*Je tiens à exprimer toute ma gratitude et mes sincères remerciements à Mme SMAIL N., professeur au Département de Biologie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pour m'avoir accueillie dans son laboratoire et d'avoir mis à ma disposition tous les moyens nécessaires afin de me faciliter ma pratique.*

*C'est un grand merci que j'adresse à tous les membres du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'UMMTO pour leur gentillesse et leurs conseils.*

*Je remercie gracieusement tous mes enseignants qui m'ont transmis leur savoir le long de mon cursus universitaire.*

*Enfin, je remercie vont également à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## **Dédicaces**

*Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du courage et de patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à :*

### **A Ma Chère Mère Fazia,**

*Les mots manquent pour exprimer toute ma reconnaissance envers tout ce que tu as fait pour mon bonheur et ma réussite. Que Dieu te protège et t'accorde bonheur, santé et longue vie, pour ton grand amour, ta tendresse et tes longues prières qui m'ont été le meilleur gage de réussite, je t'offre ce travail.*

### **A Mon Cher Père Ahmed,**

*Nulle expression ne peut traduire le noble sentiment que j'ai à ton égard, pour l'amour que tu m'as toujours porté, pour ta patience et ta générosité, pour ton soutien moral et matériel que tu as consentis en ma faveur, je te dédie ce travail en témoignage de ma grande reconnaissance et mon grand amour.*

### **A Mon Cher frère Mounir,**

*A qui, je porte le plus grand amour pour la collaboration et l'aide qu'il n'a cessé de m'apporter. Que Dieu te protège et t'offre le meilleur d'avenir.*

### **A Mes très chers grands-parents,**

*Paternels « Ghanes Mebarek, Habet Yamina » maternels « Ouaksel Toudert, Guettab Chabha » qu'ils reposent en paix, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

### **A Mes Chers oncles et tantes,**

*« Ghanes Mouloud ; Henni ; Arab » « Ouaksel Rachid ; Ouamar ; Hamid ; Kamel ; Arab et Mhand paix à leur âmes ; Tassadit ; Malika » Qui n'ont pas cessé de me pousser et de me soutenir depuis mon enfance, qu'ils trouvent ici l'expression de ma plus sincère gratitude.*

### **A Mes Chers cousines et cousins,**

*Je vous dédie ce travail en guise de reconnaissance envers tous vos encouragements et soutiens.*

### **A ma Cher amie Thamila,**

*Qui ma aider durent la réalisation de ce travail, mes sincère gratitude et reconnaissance du plus profonds de mon cœur.*

### **A Mes Cher voisins,**

*Qui ont toujours étaient à mes côtés dès le premier jour des classes, pour leurs soutiens.*

### **A mes très chers amis et amies,**

*Qui me redonnent confiance en moi, fait sortir le meilleur de moi.*

*A tous ce qu'ils m'ont aidée de loi ou de prés, à tous ceux que je n'ai pas pu citer individuellement. Pour votre présence à mes côtés, je vous souhaite le meilleur.*

### ***Hommage***

*A la mémoire de M<sup>me</sup> NAIT KACI Malika né BOUDIAF, professeur au Département d'Agronomie, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, mes sincères remerciements pour ses encouragements au quotidien et son soutien constant, Paix a son âme que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

# Sommaire

---

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Résumé**

**Introduction ..... 01**

## **Partie bibliographiques**

### **Chapitre I : Généralités sur l'Orange**

1.1. Historique .....	03
1.2. Classification botanique .....	03
1.3. Description botanique .....	04
1.4. Structure du fruit .....	04
1.5. Variétés et espèces .....	05
1.5.1. Orange amère .....	05
1.5.2. Orange douce .....	06
1.6. Principaux constituants de l'orange .....	06
1.6.1. Glucides.....	06
1.6.2. Acides organiques .....	07
1.6.3. Lipides et protéines .....	07
1.6.4. Vitamines .....	07
1.6.5. Minéraux .....	08
1.6.7. Fibres .....	08
1.6.8. Flores mésophile .....	08
1.6.9. Arômes .....	08
1.6.10. Pigments .....	08
1.7. Alimentation et valeur nutritionnelle .....	09
1.8. Propriétés thérapeutiques .....	09

# Sommaire

---

## Chapitre II : Jus d'orange

2.1. Définition .....	10
2.2. Compositions chimiques de jus d'orange .....	10
2.3. Technologie de fabrication d'un jus d'orange .....	11
2.3.1. Triage et lavage des oranges .....	12
2.3.2. Extraction du jus .....	12
2.3.3. Raffinage et centrifugation .....	13
2.3.4. Pasteurisation .....	13
2.3.5. Conditionnement .....	14
2.4. Agents d'amélioration de la qualité de jus d'orange.....	14
2.4.1. Additifs.....	14
2.4.2. Epaisissants et gélifiants .....	15
2.4.3. Colorants .....	15
2.4.4. Vitamines .....	15
2.4.5. Conservateurs chimiques.....	15

## Chapitre III : Activité antioxydante

3.1. Stress oxydatif et antioxydants.....	16
3.1.1. Stress oxydatif.....	16
3.1.1.1. Conséquences du stress oxydatif .....	16
3.1.1.2. Maladies liées au stress oxydant .....	17
3.1.2. Les antioxydants .....	17
3.1.2.1. Différents types d'antioxydants .....	17
3.1.2.2. Le mode d'action .....	28

# Sommaire

---

## Partie expérimentale

2.1. Matériel .....	30
2.2. Méthodes .....	30
2.2.1. Echantillonnage .....	30
2.2.1.1. Jus d'orange Naturel .....	30
2.2.1.2. Jus commercial .....	31
2.2.2. Préparation des échantillons .....	32
2.2.3. Dosage spectrophotométrie des sucres réducteurs par DNS (acide 3,5-dinitrosalicylique). .....	32
2.2.3.1. Réalisation de la gamme de concentration du glucose.....	32
2.2.3.2. Réalisation de la courbe étalon .....	33
2.2.3.3. Détermination de la teneur en sucres réducteurs des différents échantillons .....	34
2.2.4. Activité antioxydant DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl).....	34
2.2.5. Analyse statistique.....	35

## Résultats et discussions

5.1. Dosage des glucides .....	36
5.1.1. Détermination de la concentration en sucres réducteurs .....	36
5.2. Activité antioxydante .....	39

<b>Conclusion .....</b>	<b>41</b>
-------------------------	-----------

## Références bibliographique

## Annexes

## Liste des abréviations

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

**DNS** : acide 3,5-dinitrosalicylique.

**O<sub>2</sub><sup>°</sup>** : radical superoxide.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : peroxide d'hydrogène.

**ROO<sup>°</sup>** : radical peroxy.

**LOO•** : radical libre.

**UV**: ultraviolet.

**ADN**: acide déoxyribo nucléique

**LDL** : low density lipoproteins

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : coupe transversale de l'orange. ....	05
<b>Figure 02</b> : procédé de fabrication de pur jus d'orange et du concentré. ....	11
<b>Figure 03</b> : l'hydroxytoluène butylé (BHT). ....	18
<b>Figure 04</b> : mode d'action des principaux systèmes enzymatiques antioxydants et de leurs cofacteurs métalliques. ....	19
<b>Figure 05</b> : oxydation d'acide ascorbique en acide déhydroascorbique.....	20
<b>Figure 06</b> : structure de l'acide ascorbique. ....	20
<b>Figure 07</b> : structures chimiques des tocophérols et des tocotriénols. ....	21
<b>Figure 08</b> : structure de $\beta$ -carotène et xanthophylle.....	21
<b>Figure 09</b> : structure chimique de la 2- phénylbenzopyrane. ....	22
<b>Figure 10</b> : motif flavan (a) flavon (b) et numérotation systématique. ....	23
<b>Figure 11</b> : structures chimique de base des acides phénoliques : (a) acides hydroxycinnamiques et (b) acides hydroxybenzoïques.....	26
<b>Figure 12</b> : structure chimique trans-Resveratrol.....	26
<b>Figure 13</b> : structures chimique générales des tanins condensés (a) et tanins hydrolysables (b).....	27
<b>Figure 14</b> : structure chimique de lignane. ....	28
<b>Figure 15</b> : variétés de nos oranges. ....	31
<b>Figure 16</b> : jus d'orange commercial. ....	31
<b>Figure 17</b> : schéma récapitulatif du dosage des sucres réducteurs.....	33
<b>Figure 18</b> : courbe d'étalonnage du glucose.....	33
<b>Figure 19</b> : schéma récapitulatif de l'activité antioxydant. ....	34

**Figure 20:** dosage des sucres réducteurs par le dinitrosalicylique et coloration de la gamme. 36

**Figure 21 :** histogramme des concentrations en sucres réducteurs dans le jus Ramy..... 36

**Figure 22 :** histogramme des concentrations en sucres réducteurs dans le jus nature. .... 37

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : classification botanique des agrumes. ....	03
<b>Tableau II</b> : description botanique des oranges. ....	04
<b>Tableau III</b> : composition chimique de jus d'orange pour 100 g. ....	10
<b>Tableau IV</b> : quelques classes des flavonoïdes. ....	24
<b>Tableau V</b> : différents matériaux et réactifs utilisés lors des manipulations. ....	30
<b>Tableau VI</b> : gamme étalon de glucose. ....	32
<b>Tableau VII</b> : comparaison multiple des moyennes de sucres réducteurs. ....	37
<b>Tableau VIII</b> : pourcentage d'inhibition de DPPH des jus analysés. ....	39
<b>Tableau IX</b> : comparaison multiple des moyennes de pourcentage d'inhibition de DPPH. ....	40

## Résumé

Le jus d'orange est le plus consommé de tous les jus de fruits, le consommateur souhaite de plus en plus des jus de haute qualité, qui ressemblent au niveau organoleptique et nutritionnelle au jus nature.

Dans notre étude, nous avons procédé à analyser le dosage des sucres réducteurs présents dans un jus commercial Ramy et un jus nature par méthode DNS et l'évaluation de l'activité antioxydant par méthode DPPH.

Le choix a été fait sur le jus commercial Ramy dont nous avons pris trois échantillons du même lot, pour le jus nature nous avons choisi trois variétés différentes (Sanguine, Tardive, Bigaradier).

Les résultats nous ont permis de conclure que les jus commercialisés contiennent une valeur élevée en sucre réducteurs cela est dû à l'ajout des sucres ou des édulcorants, contrairement aux jus naturels qui présentent des teneurs variables cela s'explique par la maturité du fruit et la matière première. Pour ce qui est de l'activité antioxydante DPPH, le jus nature présente une valeur élevée que le jus commercial cela peut être affectée par de nombreux facteurs tels que la polarité des solvants et les variations utilisées.

**Mots clé :** jus d'orange, jus commercial, jus nature, DNS, DPPH, sucres réducteurs, activité antioxydante.

## Summary

Orange juice is the most consumed of all fruit juices, the consumer wishes more and more high quality juices, which resemble at the organoleptic and nutritional level the natural juice.

In our study, we proceeded to analyze the dosage of reducing sugars present in a commercial Ramy juice and a natural juice by DNS method and the evaluation of the antioxidant activity by DPPH method.

The choice was made on the Ramy commercial juice of which we took three samples of the same batch, for the natural juice we chose three different varieties (Sanguine, Tardive, Bigaradier).

The results allowed us to conclude that the commercialized juices contain a high value of reducing sugar, this is due to the addition of sugars or sweeteners, unlike the natural juices which present variable contents, this is explained by the maturity of the fruit and the raw material. Regarding the antioxidant activity DPPH, the natural juice presents a high value than the commercial juice that can be affected by many factors such as the polarity of the solvents and the variations used.

**Keywords:** orange juice, commercial juice, plain juice, DNS, DPPH, reducing sugars, antioxidant activity.

# **Introduction**

## Introduction

---

Les agrumes, une composante de l'alimentation méditerranéenne, sont des fruits composés par le citron, les oranges, les pamplemousses et les mandarines pour ceux les plus consommés. Sur un plan nutritionnel la perception de ces fruits réside principalement sur leur contenu en vitamine C et l'action antioxydante qui leur est associée (ROCK et FARDET, 2014).

Les agrumes, qui représentent l'une des récoltes de fruits les plus importantes dans le monde (LAGHA-BENAMROUCHE *et al.*, 2017), sont une bonne source de glucides, de fibres alimentaires, de vitamines, de minéraux et de phytochimiques biologiquement actifs tels que les caroténoïdes et les flavonoïdes, qui fournissent respectivement une activité de provitamine A et des agents antioxydants naturels (LIU *et al.*, 2012).

Le jus d'orange est le jus prédominant fabriqué par l'industrie agroalimentaire dans le monde entier, il est consommé en quantités relativement élevées dans de nombreux pays, en raison de son goût agréable (DJADI, 1987).

Par ailleurs, l'orange constitue une source de régime alimentaire riche en composés bioactifs. En plus de la vitamine C et E et des caroténoïdes, l'orange contient des composés polyphénoliques (MALTERUD et RYDLAND, 2000).

La transformation des fruits en jus a toujours pour objectif de prolonger la durée de consommation d'un fruit au-delà de sa saison et de profiter aussi de ses qualités nutritionnelles. Le consommateur souhaite de plus en plus des jus de bonne qualité, qui ressemblent au niveau organoleptique au jus frais pressé chez soi, et garantissant une bonne qualité nutritionnelle.

De nombreuses études épidémiologiques ont mis en évidence le lien entre un régime riche en fruit et une diminution du risque de maladies cardiovasculaires (STEINMETZ *et al.*, 1996), ces dernières ont montré que ce sont les antioxydants présents dans ces fruits qui participent aux effets protecteurs (GEE et JOHNSON, 2001), car la nature chimique de ces composés, minérale ou organique, permet de les classer en antioxydants indirects (Cu, Zn, Se) agissant comme cofacteurs d'enzymes antioxydants ou en antioxydants directs comme piègeurs d'espèces chimiques initiateurs ou présentant un pouvoir réducteur (vitamines, polyphénol, caroténoïdes) (ROCK et FARDET, 2014).

A cet égard, nous nous sommes intéressés dans notre travail à déterminer la teneur des sucres réducteurs présents dans le jus d'orange commercial (Ramy) et le jus nature (Sanguine, Tardive, Bigaradier), aussi l'évaluation de l'activité antioxydante.

# Introduction

---

Ce travail a été réalisé en quatre parties présentées comme suit :

- 1- Partie bibliographique.
- 2- Partie expérimentale.
- 3- Résultats et discussion.
- 4- Conclusion et perspectives.

# **Partie bibliographiques**

# **Chapitre I : Généralités sur l'orange**

### 1.1. Historique

Le mot « agrume » dérive des latins « agrus » qui désigne les plantes dont les fruits ont une saveur aigre (ail, oignons). Avec le temps, sa signification évolua et il fut utilisé pour décrire un groupe de plantes de la famille des Rutacées, en particulier celles appartenant au genre *Citrus* (COLOMBO, 2004).

Les agrumes sont originaires des pays du Sud-Est asiatique où leur culture se confond avec l'histoire des civilisations anciennes de la Chine, qui les cultivèrent d'abord pour leurs parfums, puis pour leurs fruits. C'est avec le rayonnement des civilisations chinoises et hindoues que leur culture commença à se propager, au cours du premier millénaire avant notre ère, à l'ensemble des pays du Sud-Est asiatique : sud du Japon et archipel de Malaisie (RAYMONDE, 1989). Ces agrumes arrivèrent probablement en Europe du sud grâce aux premiers croisés du XI<sup>e</sup> et les croisades suivantes contribuent à diffusion de ces plantes (COLOMBO, 2004).

### 1.2. Classification botanique

Les agrumes appartiennent à la famille des Rutacées (ordre Térébinthales), qui comprend de nombreuses espèces (environ 1600), l'une des caractéristiques de cette famille est la présence dans les fruits de glandes oléifères contenant des essences fortement aromatique. Le tableau I établit ci-dessous la classification botanique des agrumes (COLOMBO, 2004).

**Tableau I :** classification botanique des agrumes (COLOMBO, 2004).

<b>Classification</b>	<b>Répartition systématique</b>
Règne	Plantes (Plantae)
Division	Angiospermes (Mognoliophyta).
Classe	Dicotylédones ( Magnollopsida).
Sous-classe	Rosidées ( Rosidae).
Ordre	Thérébinthales (ou Sapindales).
Famille	Rutacées( Rutaceae).
Sous-famille	Aurantiées (Aurantioideae)

### 1.3. Description botanique

L'oranger est un arbuste fruitier de la famille des Rutacées qui possède de plus petites feuilles avec un pétiole discret et de petites fleurs blanches très parfumées. Leurs fruits diffèrent de par leur aspect, la période de récolte et leur saveur. Le tableau II établit ci-dessous engendre les principaux caractères botaniques des orangers (ETEBU et NWAUZOMA, 2014).

**Tableau II** : description botanique des oranges (ETEBU et NWAUZOMA, 2014).

Aspect	Arbre au port harmonieux et de croissance rapide.
Hauteur	Grande taille en pleine terre (7à8m).
Feuillage	Vert sombre persistant et légèrement ailées.
Fleurs	Blanches et immaculées, très parfumées.
Fruits	De forme et de coloration variable en fonction des différents groupes auxquelles ils appartiennent.
Pulpe	Juteuse diffère en couleur et en acidité selon les variétés.
Ecorce	Grise, lisse ou à peine rêche.

### 1.4. Structure du fruit

Les fruits des principales espèces et variétés d'agrumes cultivées de Citrus diffèrent par leur coloration, leur forme, leur grosseur, ainsi que la composition de leur jus et leur époque de maturation, cependant, tous les fruits cultivés présentent la même structure anatomique, bien que les éléments composant cette structures varient avec l'espèce et la variété (ESPIARD ,2002). Les oranges sont constitués de l'extérieur vers l'intérieur des parties suivantes (RAMFUL *et al.*, 2010) :

**L'écorce** : se distingue de deux parties

- **L'épicarpe** : c'est la couche extérieure colorée, appelée « flavedo » qui doit sa couleur jaune orangé aux flavanones. Elle contient des glandes aux huiles essentielles qui donnent l'odeur particulière à l'orange. Elle représente 8 à 10 % du fruit.
- **Le mésocarpe** : c'est la couche intérieure blanche, appelée « albedo » à consistance spongieuse plus ou moins épaisse par rapport à la taille du fruit, elle ne contient aucun flavanone soluble. Elle représente 12 à 30% du fruit.

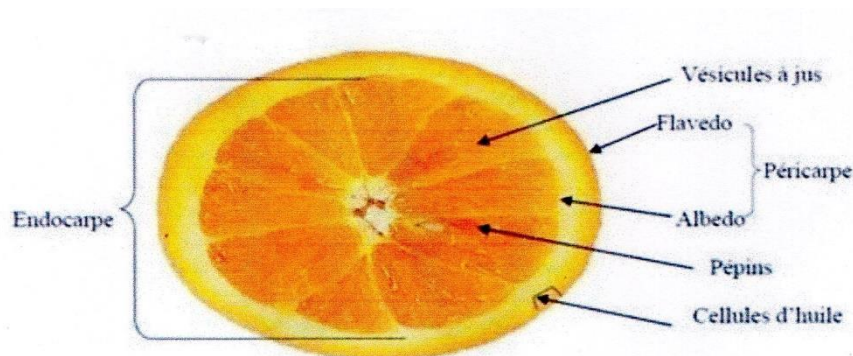
### La pulpe (ou endocarpe)

C'est la partie comestible divisée en quartiers juteux. Elle est constituée par un ensemble de poils charnus ou vésicules renferment le jus. Elle est souvent plus ou moins acide et sucrée ou amère et elle représente 50 à 80 % du fruit.

### Les pépins

Se trouvent près du centre de l'orange, ils ont une teneur élevée en huiles essentielles, ils représentent 0 à 4 % du fruit.

Une coupe transversale explicative de différentes couches d'orange est représentée par la figure ci-dessous



**Figure 01** : coupe transversale de l'orange (ETEUBU et NWAUZOMA, 2014).

## 1.5. Variétés et espèces

Il existe deux types d'orange : amères (*Citrus aurantium*) et douces (*Citrus sinensis*). Les oranges douces se subdivisent en quatre groupes distincts : les oranges navels, les oranges blondes, les oranges tardives et les oranges sanguines (HAINEAULT, 1999).

### 1.5.1. Orange amère

Le bigaradier ou bien le *Citrus bigardia* est un type d'orange possédant une écorce verte et rugueuse avec une pulpe acidulée ce qui lui confère un goût amère. L'orange amère est un fruit utilisée dans la préparation des marmelades ou, tout simplement, mise en conserve (HAINEAULT, 1999).

### 1.5.2. Orange douce

Le type d'orange le plus reconnu et le plus consommé. Ce sont des oranges juteuse et sucrées principalement :

- **Oranges Naval** : est une espèce reconnue pour sa saveur très douce et une peau épaisse, grosse, ronde avec chair est croquante et savoureuse et contient jamais de pépins.
- **Oranges blondes** : il existe des variétés fines et d'autres qualifie de communes, ainsi ont une chair pale, elles font d'excellentes oranges à jus.
- **Oranges tardives** : sont de taille moyenne, ronde on légèrement ovale, l'écorce une teinte orange doré, mince et lisse, elle est l'orange à jus par excellence.
- **Oranges sanguines** : leur chair, très colorée, est rouge sang d'où leur nom de sanguine, une forme légèrement allongée et une écorce plus au moins rougeâtre (HAINEAULT, 1999).

### 1.6. Principaux constituants de l'orange

L'orange est un fruit particulièrement juteux, plus de 85% d'eau. C'est dans cette eau de constitution que se trouvent sous forme dissoute les principaux éléments nutritifs (AMROUCHE, 2019).

#### 1.6.1. Glucides

Les glucides ou saccharides (sucres) anciennement appelés hydrates de carbone, sont des composés essentiels pour tous les organismes vivants. Leurs formule brute générale  $C_n(H_2O)_n$ , ils forment un groupe de composés très importants, certains représentent une source d'énergie pour les organismes vivants (glucose) ,d'autres ont un rôle structural (cellulose, chitine, acide hyaluronique) ; d'autres, enfin, possèdent un rôle important comme celui de signaux de reconnaissance (glycanes des glycoprotéines et des glycolipides) (WEIL et coll, 2005).

Les glucides sont classés en fonction de leur volume et de leur solubilité, on trouve :

Les monosaccharides (oses) ou sucres simples sont des molécules comportant à la fois plusieurs fonctions alcooliques et une fonction réductrice, soit aldéhydique, soit cétonique. La combinaison de deux (02) monosaccharides nous donne des disaccharides (osides) au cours d'une réaction de synthèse. Les plus importants, de formule sont le saccharose, le maltose et le lactose (VOET, 1995).

Les polysaccharides (polyosides) sont les produits de la polymérisation du glucose représentés par l'amidon, le glycogène et cellulose. Ils sont constitués de monosaccharides liés entre eux par des liaisons glycosidiques ; on distingue les homopolysaccharides (exemple : les glucanes) et des hétéropolysaccharides qui sont formées de quelques types de monosaccharides qui alternent selon une séquence répétitive (VOET, 1995).

La teneur en sucres peut varier selon la variété mais elle est de 8,5 à 12 % dans le fruit à maturité. Représentés par le saccharose (40%), le fructose et le glucose, ce sont des sucres facilement assimilables (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.2. Acides organiques**

Le goût sucré de l'orange est perçu grâce à la saveur acidulée conférée par les acides organiques naturels assez abondants dans l'orange (1,2%). Ces substrats sont essentiellement représentés par l'acide citrique et un peu d'acide malique (AMROUCHE, 2019).

Au cours de la maturation de l'orange, la teneur en sucres augmente, tandis que celle des acides organiques diminue ; la proportion relative entre sucres et acides organiques confère à chaque fruit sa saveur caractéristique plus ou moins douce ou acidulée (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.3. Lipides et protéines**

Ces constituants sont présents en quantité négligeable dans l'orange. Les lipides sont concentrés dans les pépins et la pulpe n'en renferme que des traces. L'orange contient peu de protéines (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.4. Vitamines**

Le profil vitaminique de l'orange est caractérisé par une teneur élevée en vitamine C, 40 à 80 mg/100g (53 mg en moyenne).

Les autres vitamines hydrosolubles sont représentées par toutes les vitamines du groupe B, en particulier la vitamine B1 (thiamine) et la vitamine B9 (acide folique). La provitamine A peut atteindre 0,05 à 0,2 mg pour 100g selon les variétés d'orange, les oranges les plus colorées sont les plus riches en vitamines. On trouve en petites quantités de la vitamine E (0,24 mg pour 100g) (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.5. Minéraux**

Les éléments minéraux sont nombreux ; on relève la présence de calcium en quantité relativement abondant (40mg/100g); le phosphore, le potassium et le magnésium sont présents en grandes quantités. Parmi les oligoéléments, on note aussi, la présence du fer, cuivre, zinc, manganèse, nickel et même des traces de bore et de sélénium. L'orange contribue plus au moins efficacement à la couverture de l'ensemble du besoin minéral de l'organisme (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.6. Fibres**

Elles sont assez abondantes dans ce fruit avec une teneur de 2,4% en moyenne ; elles ont la particularité d'être riches en pectines (environ 50%) bien tolérées par l'organisme (jouant un rôle régulateur sur le transit intestinal). On trouve également des hémicelluloses et des celluloses (qui constituent la paroi des cellules de l'orange) et quelques traces de lignine (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.7. Flores mésophile**

L'orange contient naturellement une flore mésophile composée de levures et de lactobacillus, indispensable à sa bonne digestion (les lactobacilles font d'ailleurs partie de la flore digestive intestinale) (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.8. Arômes**

De nombreuses substances aromatiques participent à la formation du goût et de la flaveur de l'orange. Il s'agit de composés complexes caractéristiques de ce fruit : citrals, limonènes, aldéhydes, tri terpènes, esters, etc. responsables de la saveur et de l'arôme du fruit (AMROUCHE, 2019).

### **1.6.9. Pigments**

Ils donnent à la pulpe sa couleur plus ou moins marquée : jaune à orangé pour les flavonoïdes et les caroténoïdes, jaune pour les xanthophylles, rouge ou rouge violacé pour les anthocyanes (AMROUCHE, 2019).

### 1.7. Alimentation et valeur nutritionnelle

L'orange est un fruit qui est consommé dans le monde entier comme une excellente source de vitamine C (ETEBU et NWAUZOMA, 2014), son jus constitue un véritable aliment liquide qui apporte à l'organisme du sucre facilement assimilable donc une production d'énergie, aussi une source appréciable des sels minéraux et de potassium... (MASSION et PREISER, 2010), ainsi une importante source d'antioxydants (ETEBU et NWAUZOMA, 2014).

### 1.8. Propriétés thérapeutiques

L'orange possède une large gamme de propriétés médicinales et thérapeutiques, une source importante de composés caractérisés par une activité antioxydante et reconnus comme bénéfiques pour la santé humaine, comme la vitamine C est un puissant naturel antioxydant qui construit le système immunitaire du corps (ETEBU et NWAUZOMA, 2014). Elle renferme de différents types de flavonoïdes, ces composés antioxydants permettent de neutraliser les radicaux libres du corps, ainsi de prévenir l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies chroniques (KNEKT *et al.*, 2002).

L'orange, est aussi une véritable source des sels minéraux constituant l'apport des minéraux aux os et nerfs avec une proportion abondante en potassium qui améliore le tonus musculaire et représente un stimulant de myocarde (MASSION et PREISER, 2010). En outre, l'orange a été utilisée traditionnellement pour traiter des maux comme la constipation, les crampes, les coliques, la diarrhée, la bronchite, la tuberculose, la toux, le rhume, l'obésité, les troubles menstruels, l'angine, l'hypertension, l'anxiété... (MILIND et DEV, 2012).

# **Chapitre II :**

## **Jus d'orange**

### 2.1. Définition

Le jus d'orange est un jus non fermenté mais fermentescible, possédant la couleur, l'arôme et le goût caractéristique de l'orange. Obtenu par procédé mécanique à partir de l'endocarpe d'oranges saines et mures, conservé exclusivement par des procédés physiques (CODEX ALIMENTARIUS, 1992 ; CAILHOL et GROSSELIN, 2004).

### 2.2. Compositions chimiques de jus d'orange

Le jus d'orange est un produit complexe dont les propriétés physiques, chimiques et sensorielles évoluent à travers le processus de fabrication. Il constitue un véritable aliment liquide, dont l'eau représente quantitativement la fraction la plus importante (86%) (FREDOT, 2005).

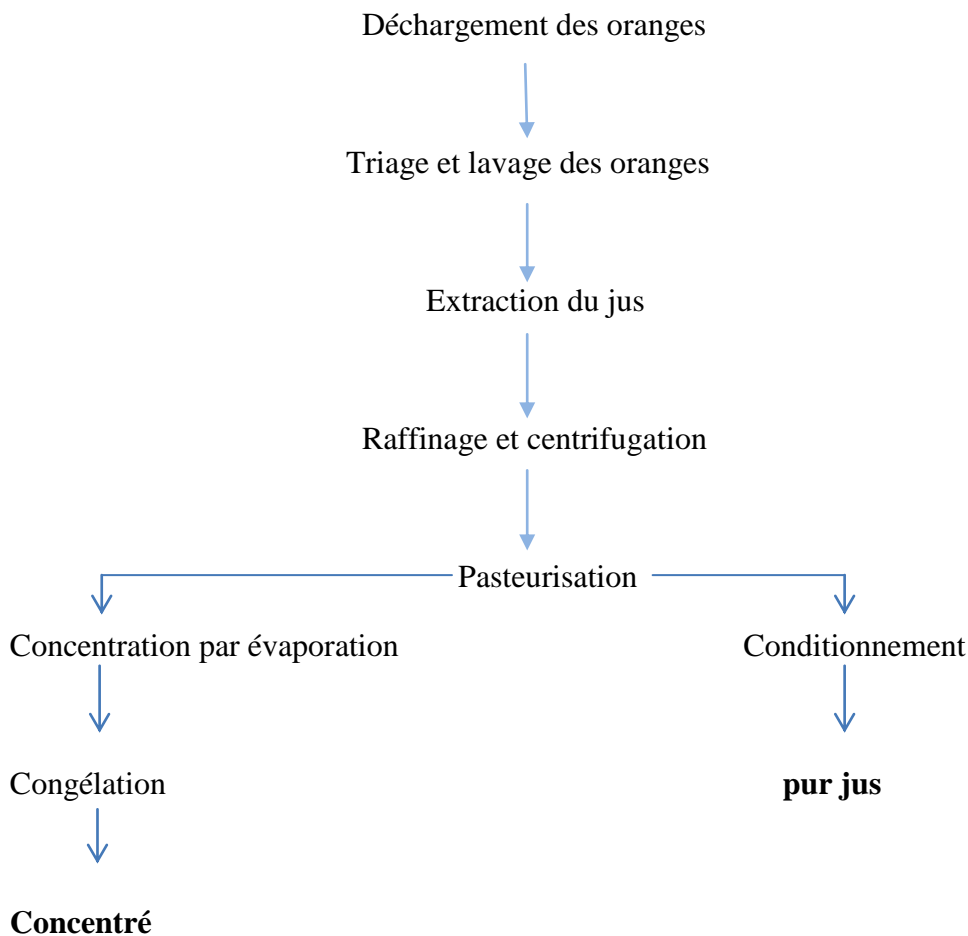
Le jus d'orange contient environ 76% de la matière sèche hydrosoluble qui est constituée principalement par des glucides et 21% d'acide organiques, acide aminés, de sels minéraux, de vitamines et de lipides. Le 3% restant est constitué par un grand nombre de composés divers, dont les flavonoïdes, les composés volatiles, les caroténoïdes,...etc. qui ont une influence importante sur les propriétés sensorielles de ce produit (HENDRIX et REDD, 1995). Le tableau III établit ci-dessous les compositions chimiques de jus d'orange.

**Tableau III** : composition chimique de jus d'orange pour 100 g (VIERLING ,2003).

constituants	valeurs
Extrait sec	13g
Protides	0.2g
Lipides	0.2g
Glucides	10g
Valeurs énergétiques	180Kj
Minéraux	380mg
Na+	1.4mg
Ca+	170mg
Vitamines C	15mg
Carotènes	45mg
Acide folique	0.07mg
Vitamine E	0.035mg
Pectines	0.13mg

### 2.3. Technologie de fabrication d'un jus d'orange

L'industrie de jus d'orange comporte un grand nombre d'opérations qui peuvent se regrouper en plusieurs filières : la production agricole, l'industrie d'extraction, de conditionnement et la filière de stockage, transport et commercialisation du jus conditionné (BERLINET, 2006). Le procédé de fabrication du jus est récapitulé dans la figure 02 ci-dessous.



**Figure 02** : procédé de fabrication de pur jus d'orange et du concentré d'orange (BERLINET, 2006).

La qualité du jus d'orange dépend largement des propriétés des oranges utilisées dans sa fabrication. À leur tour, ces propriétés sont tributaires d'un grand nombre de facteurs, parmi lesquels, la variété des oranges, le régime de fertilisation des orangers et le processus de maturation des fruits sont les plus importants (HENDRIX et REDD, 1995).

### 2.3.1. Triage et lavage des oranges

Les fruits utilisés pour produire le jus seront propres et ne seront pas trop mûrs. Le rendement en jus de fruits pouvant être obtenu variera entre 60% et 80%. Il peut être différent d'une variété à l'autre, mais dépendra surtout du degré de maturité des fruits. De ce fait, les Fruits trop mûrs réduisent considérablement la production (ANONYME, 2000).

Les oranges arrivent dans les usines de transformation dans des camions bennes : elles sont soit utilisées immédiatement soit déchargées dans des silos et stockées. Au moment de leur utilisation, après un passage sous des rampes d'aspersion d'eau, les oranges sont triées, le plus souvent manuellement, et les fruits abîmés sont écartés (BERLINET, 2006).

Les opérations de broyage et pressurage vont se succéder rapidement pour limiter l'oxydation maximale des fruits broyés (ANONYME, 2000).

### 2.3.2. Extraction du jus

Deux technologies d'extraction de jus adaptées sont le plus souvent utilisées : l'extracteur Brown et le procédé FMC (Food Machinery Corporation) (BERLINET, 2006).

Le procédé Brown, les oranges sont coupées en deux puis pressées à l'aide de deux demi-sphères perforées, l'une concave et l'autre convexe. L'extracteur Brown effectue un « fraisage » de chaque partie du fruit. La vitesse de déplacement des têtes d'extraction et la pression qu'elles exercent sont contrôlées de façon à s'adapter à l'épaisseur de l'écorce (BARON, 2002).

Le procédé FMC possède une coupelle supérieure descend et pousse le fruit sur le couteau circulaire inférieur. Les constituants intérieurs du fruit sont aspirés dans le tube tamis par le mouvement descendant du piston. Pour optimiser le rendement, la taille de la tête doit être adaptée au calibre des fruits. Albedo (mésocarpe) et flavedo (épicarpe) sont dilacérés et évacués au travers de griffes dans la coupelle inférieure. Un piston remonte et presse la pulpe, le jus s'écoule au travers du tamis et est recueilli par le collecteur. Les particules trop grosses (pépins, fragments d'albedo) sont éliminées par le centre, creux, du piston (BARON, 2002).

Le procédé FMC est le procédé le plus utilisé: son intérêt majeur est qu'il permet la récupération des huiles essentielles pendant le procédé d'extraction du jus (BERLINET, 2006).

### 2.3.3. Raffinage et centrifugation

Le jus d'orange, après extraction est très pulpeux et contient des morceaux de pépins et d'autres impuretés. Il passe alors par une étape de raffinage, appelée en anglais « finishing ». Ce terme désigne la séparation physique d'une partie de la pulpe et d'autres matériels fibreux du jus (BERLINET, 2006).

Enfin, avant le traitement thermique, le jus est chauffé à 50°C dans des échangeurs de chaleur tubulaires puis soumis à un procédé de désaération dans des tanks sous vide. Cette opération présente l'intérêt pour l'industriel d'éviter la formation de mousse et d'éviter l'oxydation du produit. Le jus une fois dégazé ne doit pas être stocké plus d'une heure avant l'étape suivante de pasteurisation (BERLINET, 2006).

### 2.3.4. Pasteurisation

La pasteurisation est le traitement thermique qui est le plus utilisé pour la conservation des jus de fruits. Cette pasteurisation vise à inactiver les enzymes (comme la pectine méthylestérase (PME) ou la polyphénoloxydase) et à éliminer les micro-organismes qui pourraient altérer le jus (CHEN *et al.*, 1993). Les levures, responsables de la fermentation, sont détruites à la température de 68° C. Cependant, afin de pallier à un défaut de l'homogénéité de température du jus ou de la précision du thermomètre, le jus se chauffe à la température de 75°C. Une élévation supérieure de la température dénaturerait le jus qui perdrait alors ses qualités gustatives (organoleptiques) et nutritionnelles (CLAVEAU, 2009).

Les conditions de pasteurisation commerciales pour restreindre la croissance microbienne dans les jus de fruits varient selon les installations et le type de jus. En général, on applique une gamme entre 85 à 95°C pendant 15 à 60 secondes pour une pasteurisation sévère et entre 66 à 75°C pendant 10 à 16 secondes pour une pasteurisation légère (CLAVEAU, 2009).

Après le traitement thermique, le jus est refroidi rapidement par un système d'échange de chaleur et il est porté à une température de 2°C. Les consommateurs devraient percevoir que les jus non pasteurisés ou ceux légèrement chauffés ont de meilleurs arômes et saveurs que les jus ayant subi un traitement de chaleur plus poussé (CLAVEAU, 2009).

### 2.3.5. Conditionnement

Les usines de conditionnement effectuent une nouvelle étape de pasteurisation du jus avant le conditionnement. Deux types de pur jus peuvent donc être distingués, les jus conditionnés sur place qui n'ont subi qu'une étape de pasteurisation et les jus conditionnés sur un autre site qui subissent deux traitements de pasteurisation :

- Le remplissage à chaud : après la flash-pasteurisation le jus est refroidi jusqu'à 82-85°C. Il est introduit immédiatement à cette température dans des récipients fermés, retournés ou agités de sorte que le liquide chaud vienne au contact de toute la surface intérieure du récipient et l'aseptise.
- Le remplissage aseptique à froid : c'est une opération qui consiste à refroidir le jus jusqu'à température ambiante (17-22°C) après la flash-pasteurisation et à remplir et fermer les récipients en conditions aseptiques, l'opération dure 20 à 30 min entre le remplissage et le refroidissement. Les bouteilles décontaminées par lavage avec une solution de peroxyde d'hydrogène ou d'acide péraétique puis rinçage à l'eau (BERLINET, 2006).

### 2.4. Agents d'amélioration de la qualité de jus d'orange

Les industries alimentaires se servent largement de pesticides et d'autres produits chimiques pour éliminer les ravageurs et instaurer des conditions d'hygiène satisfaisantes. On se sert, en outre, dans les industries alimentaires de toute une gamme d'additifs, d'agents de conservation, de colorants, d'aromatisants, d'agents émulsifiants, d'antioxydants et d'édulcorants artificiels... (DHAMIJA et HAMMER, 1993).

#### 2.4.1. Additifs

Les additifs sont des substances ajoutées en petite quantité, qui permettent notamment d'aider à la conservation en empêchant la présence et la croissance de microorganismes indésirables (par exemple moisissures ou bactéries responsables d'intoxications alimentaires). Aussi permettent d'éviter ou de réduire l'oxydation qui provoquent le rancissement des matières grasses ou le brunissement des fruits et légumes coupés, ils sont nommés anti-oxygène ou antioxydants. Ils sont utilisés aussi pour améliorer la tenue, on les appelle agents de texture (émulsifiants, stabilisants...) (APAB, 2011).

### 2.4.2. Epaississants et gélifiants

Dans l'industrie agroalimentaire une série de composés hydro colloïdes qui constituent une gamme complète sur le marché international. Ces polysaccharides ont une origine très variée, mais présentent des fonctions identiques: rétention d'eau, structuration du milieu environnant, propriétés mécaniques et rhéologiques (APAB, 2011).

### 2.4.3. Colorants

Les colorants les plus utilisés dans les usines de fabrication du jus d'orange c'est les caroténoïdes (E160a). Il s'agit de pigments de couleur jaune, orange et rouge précurseurs de la vitamine A. Rencontrés dans les végétaux: fruits (orange), légumes (carottes), ou chez certains animaux (homards) (APAB, 2011).

### 2.4.4. Vitamines

L'ajout des vitamines dans les boissons aux fruits peut avoir plusieurs objectifs:

- améliorer la qualité de la boisson, lors de processus de fabrication ;
- enrichir la boisson en vitamines, assurer une meilleure conservation de la boisson au cours de son vieillissement (APAB, 2011).

### 2.4.5. Conservateurs organiques

Il existe différentes sortes de conservateurs organiques qui peuvent être ajoutés au jus de fruits. Sorbates de potassium (E202) : de la famille de l'acide sorbique et sorbates, dont la formule chimique contient des doubles liaisons qui accroissent l'activité antimicrobienne et fongistatique, actif jusqu'à pH 6,5. Aussi benzoates de sodium (E211) : de la famille de l'acide benzoïque et benzoates, l'acide benzoïque existe à l'état naturel dans de nombreuses variétés de baies, et peut être obtenu également par synthèse, il est utilisé fréquemment dans les BRSA (Boisson Rafraichissante Sans Alcool) à une dose limite de 150 mg/l, actifs à pH<4 (APAB, 2011).

# **Chapitre III :**

## **activité antioxydante**

### 3.1. Stress oxydatif et antioxydants

#### 3.1.1. Stress oxydatif

Le stress oxydatif est un déséquilibre entre la quantité excessive de radicaux libres et des antioxydants. Les radicaux libres sont des molécules contenant du dioxygène et sont l'origine du processus naturel de l'oxydation des cellules. En trop grande quantité dans le corps, elles peuvent être nocives pour l'organisme et s'attaquer aux tissus graisseux, aux protéines, à l'ADN et tous les composants de l'organisme. Lors d'un déséquilibre antioxydants/radicaux libres, le système immunitaire du corps est affaibli et donc les mécanismes de défense du corps sont lésés (FAVIER, 2003).

Chaque individu ne possède pas le même potentiel antioxydant selon ses habitudes alimentaires, son mode de vie, ses caractéristiques génétiques ou l'environnement dans lequel il vit (FAVIER, 2003).

##### 3.1.1.1. Conséquences du stress oxydatif

Les radicaux libres sont responsables des dommages sur toutes les molécules biologiques comme les lipides, les protéines, les acides nucléiques (FAVIER, 2003).

Au niveau de l'ADN, les radicaux libres peuvent induire des effets oxydatifs et mutagène ou un arrêt des réplifications. Ils agissent en provoquant des altérations de bases, des pontages ADN-protéines ou des ruptures de brins (SHIMIZU, 2004).

Les lipides sont une cible privilégiée des radicaux libres. Ceux-ci provoquent en effet l'oxydation des acides gras poly-insaturés (AGPI) des phospholipides membranaires (Principaux constituants des membranes des cellules), mais aussi des organites cellulaires et des noyaux. Ce phénomène est appelé peroxydation lipidique ou lipopéroxydation aboutissant à la formation de LDL oxydées qui sont captées par des macrophages, formeront le dépôt lipidique de la plaque d'athérome des maladies cardiovasculaires, l'attaque des phospholipides membranaires modifiant la fluidité de la membrane, les récepteurs et transporteurs et la transduction des signaux (FAVIER, 2003).

Les radicaux libres peuvent aussi agir sur les macromolécules en provoquant des inactivations enzymatiques, des fragmentations de ces molécules (collagène, protéoglycannes, acide hyaluronique) et la formation de dimères ou d'agrégats protéiniques dans les membranes cytoplasmiques (SHIMIZU, 2004).

### 3.1.1.2. Maladies liées au stress oxydant

Le stress oxydatif est potentiellement impliqué dans le développement de plus d'une centaine de pathologies. Parmi ces maladies il y a les maladies chroniques, en particulier les maladies inflammatoires chroniques intestinales, certaines atteintes pulmonaires chroniques comme l'asthme (REIMUND, 2002), certaines maladies neurologiques à composante inflammatoire comme la maladie d'Alzheimer (MARKESBERY, 1997), la maladie de Parkinson (JENNER, 2003). Le stress oxydant est aussi un des facteurs potentialisant l'apparition de maladies plurifactorielles tel que : le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires (FAVIER, 2003). Un état de stress oxydatif peut aussi être un déclencheur de plusieurs cancers, hépatites, rénales et articulaires. La plupart des maladies induites par le stress oxydatif apparaissent avec l'âge car le vieillissement est associé à une diminution de la défense antioxydant (LAIGHT CARRIER *et al.*, 2000).

### 3.1.2. Les antioxydants

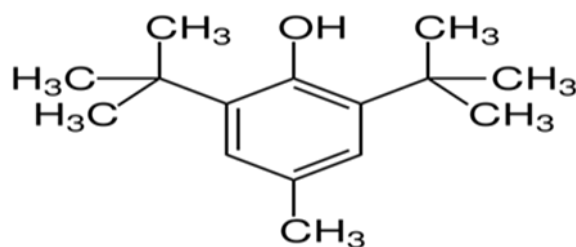
Les antioxydants sont des substances qui sont présents à de faibles concentrations par rapport à un substrat oxydable, capables d'inhiber ou de prévenir son oxydation en limitant les radicaux libres et en diminuant le stress oxydatif. Ils possèdent les capacités de piégeages des radicaux libres, la réduction de l'activité enzymatique (LEONG *et al.*, 2002).

#### 3.1.2.1. Différents types d'antioxydants

On distingue selon leur cible, leur mécanisme d'action et selon leur origine ; les antioxydants naturels ou synthétique (VERGLY et ROCHETTE, 2003).

#### 1.4.1.1. Antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques les plus utilisés dans l'industrie agroalimentaire sont : butylhydroxyanisole (BHA), butylhydroxytoluène (BHT) (figure 3), gallate propylée (PG) et le tétrabutylhydroquinone (TBHQ). Mais leur emploi est astreint à des règlements rigoureux à cause des soupçons qui planent sur leur toxicité (GULCIN *et al.*, 2010).



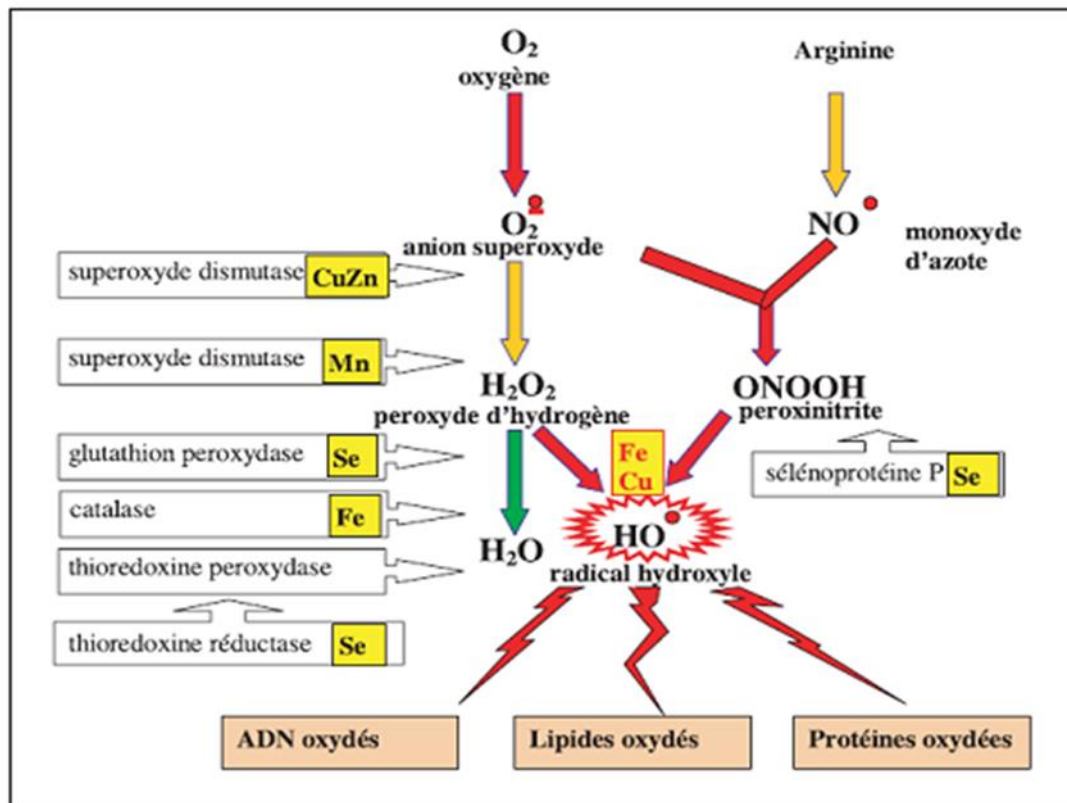
**Figure 03** : l'hydroxytoluène butylé (BHT) (NADEAU, 2016).

#### 1.4.1.2. Antioxydants naturels

L'organisme possède des systèmes de défense très efficaces qui se partagent en deux types : les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques (KANOUN, 2011).

- **Les antioxydants enzymatiques** : principalement composés de trois enzymes : la superoxyde dismutase (SOD) existe sous trois isoformes différents dans le corps humain leur composition en acides aminés et la nature du cofacteur à savoir Cu, Zn-SOD mitochondrial, Mn-SOD et SOD extracellulaire (PUTHUR, 2016), la catalase (CAT) catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaires (SHARMA *et al.*, 2012), glutathion peroxydase dont il existe deux formes : sélénium-dépendante (GPx) et GST indépendante du sélénium ou glutathion-S-transférase (PUTHUR, 2016).

Ces enzymes ont des effets complémentaires sur la cascade de radicaux libres au niveau  $O_2^{\bullet}$  et du  $H_2O_2$ , conduisant à la formation d'eau et d'oxygène moléculaire, ils permettent l'élimination des radicaux superoxydes, du peroxyde d'hydrogène et des radicaux libres hydroxyles (PUTHUR, 2016). La figure 04 ci-dessous présente le mode d'action des principaux systèmes enzymatiques antioxydants et de leurs cofacteurs métalliques

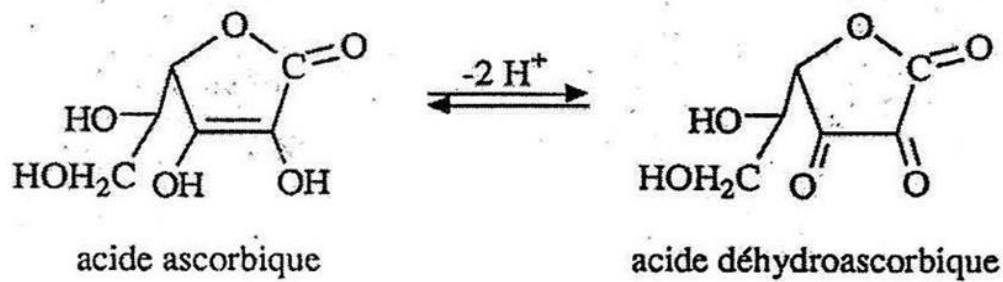


**Figure 04** : mode d'action des principaux systèmes enzymatiques antioxydants et de leurs cofacteurs métalliques (FAVIER, 2003).

- **Les antioxydants non enzymatiques** : les plus connus sont les caroténoïdes (surtout le  $\beta$ -carotène), l'acide ascorbique, les tocophérols (vitamine E) et les poly phénols. Ces derniers incluent les flavonoïdes, tanins et les acides phénoliques (OMOBA *et al.*, 2015).

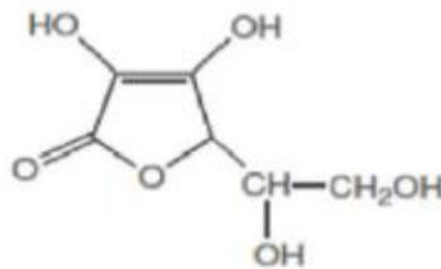
#### 🌈 La vitamine C

La vitamine C ou l'acide ascorbique est le plus important antioxydant hydrosoluble apportée par l'alimentation pour l'homme, elle est connue pour son action protectrice contre l'oxydation membranaire (RETSKY *et al.*, 1999). Elle fait intervenir des réactions d'oxydoréduction entre la forme réduite de la vitamine C (l'acide ascorbique) et sa forme oxydée (dehydroascorbate) (figure 05) (STOYANOVSKY *et al.*, 1995).



**Figure 05 :** oxydation d'acide ascorbique en acide déhydroascorbique (MAREZ, 2003/2004).

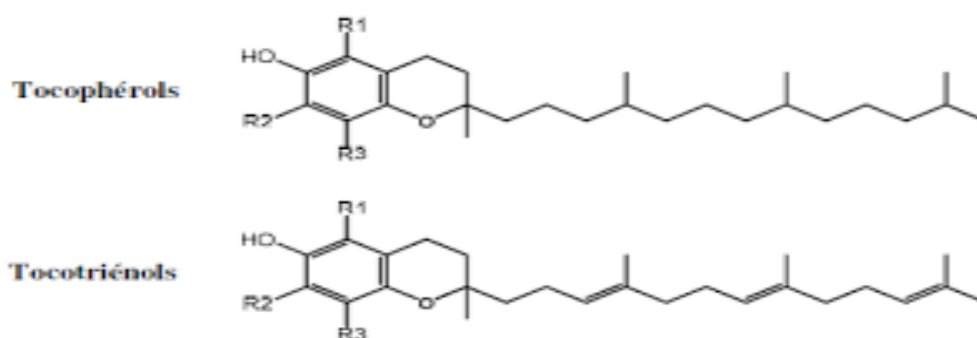
L'ascorbate capte les anions superoxydes, hypochlorite, hydroxyl et l'oxygène singulet. Ses principaux rôles sont l'inhibition de la peroxydation lipidique, la protection des membranes vis à vis de l'attaque peroxydative, en piégeant efficacement les radicaux peroxydes  $ROO^\circ$  dans la phase aqueuse, avant qu'ils puissent initialiser les peroxydations ; participe à la régénération de la vitamine E ainsi à la de neutralisation l'oxygène singulet (ROUAKI, 2016). La figure 06 ci-dessous représente la structure de l'acide ascorbique.



**Figure 06 :** structure de l'acide ascorbique (DIALLO, 2005).

### La vitamine E

La vitamine E est le terme générique utilisé habituellement pour désigner les différents tocophérols et tocotriénols (ensemble de 8 molécules dont 4 tocophérols et 4 tocotriénols) (figure07).

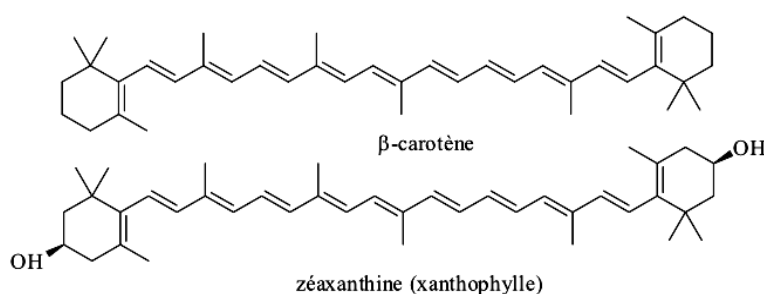


**Figure 07** : structures chimiques des tocophérols et des tocotriénols (BUSI SZMRZSIK, 1993).

Ce sont de bons antioxydants alimentaires, mais surtout leur rôle physiologique chez l'Homme, comme protecteurs des structures membranaires et des lipoprotéines ou pour lutter contre le stress oxydant. Elle prévient l'apparition d'hydropéroxydes en piégeant les radicaux  $\text{LOO}\cdot$  (YOSHIDA *et al.*, 1993).

#### ✚ Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels synthétisés par les plantes et les microorganismes. Les fruits et légumes sont la source majoritaire de ces composés et sont présents comme de micro-composés responsables de leur couleur jaune, orange ou rouge (MERCADENTE, 1999). Ils sont regroupés en deux grandes familles : les carotènes et les xanthophylle (figure08). Les caroténoïdes sont des molécules aux capacités antioxydantes similaires à celles des tocophérols. Grâce à leur longue chaîne carbonée riche en doubles liaisons, ils sont d'excellents piègeurs de radicaux peroxy et d'oxygène singulet. Une molécule de caroténoïde peut piéger plusieurs espèces radicalaires avant d'être finalement détruite (STAHL et SIES, 1997).

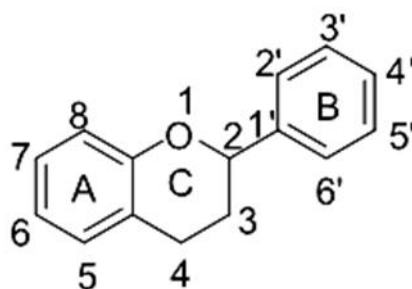


**Figure 08** : structure de  $\beta$ -carotène et xanthophylle (REZAIRE, 2012).

### ✚ Les composés phénoliques

Les flavonoïdes sont des pigments responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles. Ils sont présents dans la cuticule foliaire et dans l'épiderme des feuilles et sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs des rayonnements UV (MARCHEIX *et al.*, 2005).

En particulier les flavonoïdes sont des métabolites secondaires des plantes caractérisés par une structure commune de type 2-phénylbenzopyrane (figure 09). Leur capacité antioxydante réside dans leur faculté à « terminer » les chaînes radicalaires par des mécanismes de transfert d'électrons et de protons et à chélater les ions des métaux de transition capables de catalyser la peroxydation lipidique (LEOPOLDINI *et al.*, 2011).



**Figure 09 :** structure chimique de la 2- phénylbenzopyrane (REZAIRE, 2012).

De façon générale, l'activité biologique des flavonoïdes est fortement dépendante de la nature et de la position des substituants, en particulier du nombre de groupements hydroxyles (SCHROETER *et al.*, 2002). Leur classification est basée sur la distinction entre composés non flavonoïdes et flavonoïdes.

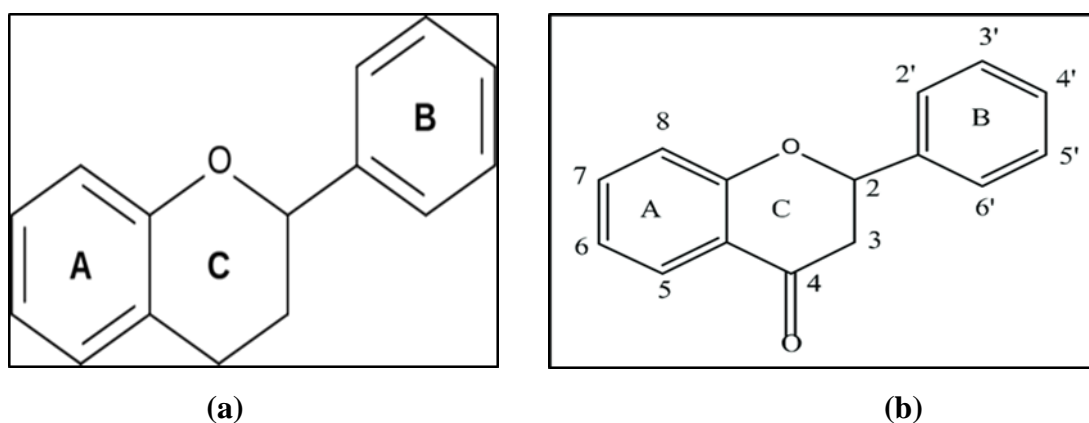
#### -Les composés flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un grand groupe de composés phénoliques, ils font partie des composés naturels largement répandue chez les végétaux. Ce sont les pigments les plus fréquents à côté de la chlorophylle et des caroténoïdes (MRAIHI *et al.*, 2015).

Les flavonoïdes sont très abondants dans les légumes, les fruits, les céréales, les graines et les aliments dérivés tel que jus, vin, thé etc (LUGASI *et al.*, 2003). Les écorces d'agrumes et les graines sont très riches en composés phénoliques, comme les acides phénoliques et les flavonoïdes (MOJZER *et al.*, 2016). Une grande partie des composés phénoliques des oranges

et des jus d'orange sont les acides hydroxycinnamiques (HCA) et les flavonoïdes, dont les flavanones, les flavones, les flavonols, et les anthocyanines sont quantitativement les plus prédominantes (NAKAJIMA *et al.*, 2014).

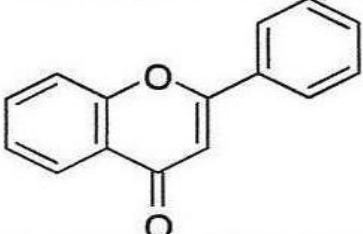
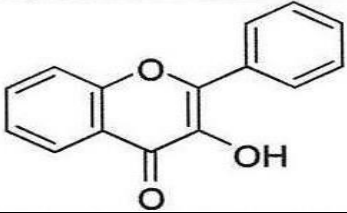
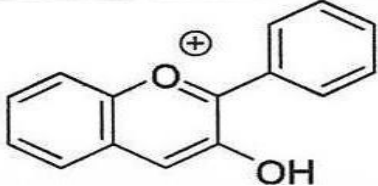
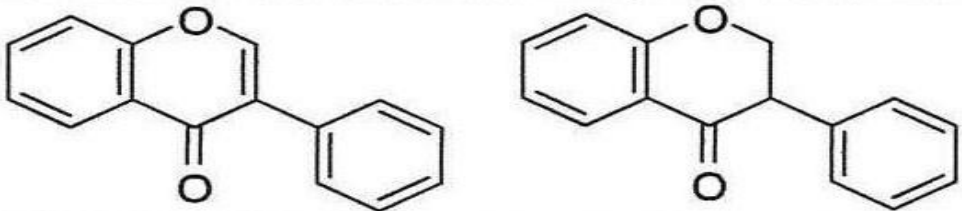
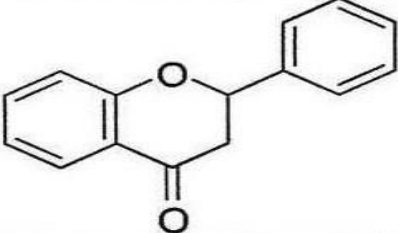
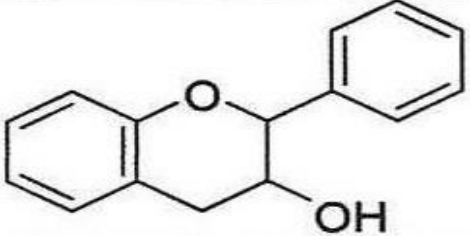
Les flavonoïdes sont caractérisés par une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base de quinze atomes de carbones constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C6 (A et B) reliés par une chaîne en C3 (figure10) (HADJ SALEM, 2009).



**Figure 10 :** motif flavan (a) flavon (b) et numérotation systématique (HADJ SALEM, 2009).

Les flavonoïdes existent sous différentes classes et ceci en fonction du degré d'oxydations et d'insaturation du cycle C (HADJ SALEM, 2009). Les différentes classes sont représentées dans le tableau IV ci-dessous.

Tableau IV : quelques classes des flavonoïdes (REZAIRE, 2012).

Flavonoïdes	Structures de base
Flavones	
Flavonols	
Anthocyanidines	
Isoflavonoïdes	
Flavanones	
Flavanols	

**-Les composés non flavonoïdes**

Les composés non flavonoïdes sont classés sous deux formes : les formes simples (les stilbènes, les acides phénoliques simples) et les formes condensés (lignanes et lignines, coumarines, xanthines, tanins) (KUMAR *et al.*, 2015).

**• Les acides phénoliques**

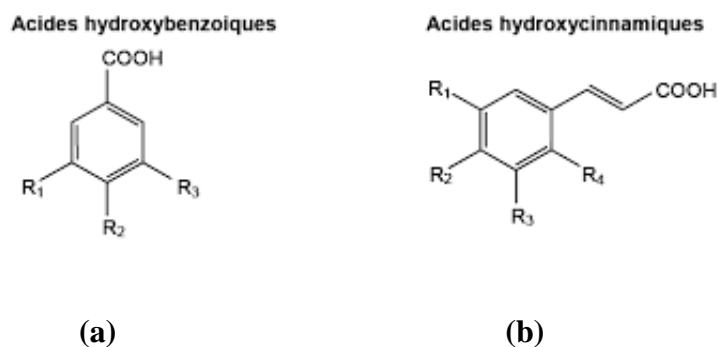
Les acides phénoliques sont des métabolites aromatiques, largement répartis dans l'ensemble de la plante. Ils sont les plus abondants dans les aliments en plus des flavonoïdes. Les acides phénoliques naturels contiennent deux structures : les structures hydroxycinnamiques et hydroxybenzoïques représentées dans la figure 11. Bien que le squelette de base reste le même, les nombres et les positions des groupes hydroxyle sur le cycle aromatique font la différence et établissent la variété des structures et de composés (KUMAR *et al.*, 2014).

**a-Les acides hydroxybenzoïques**

Les acides hydroxybenzoïques sont caractérisés par un squelette à 7 carbones de structure C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>. Ils sont principalement représentés par l'acide gallique, les esters galliques et les esters de glucosides. Les acides benzoïques sont impliqués dans les phénomènes d'oxydation responsables du brunissement du jus de fruit. Ils sont aussi antioxydants des fruits d'orange, citron (Lu *et al.*, 1999).

**b-Les acides hydroxycinnamiques**

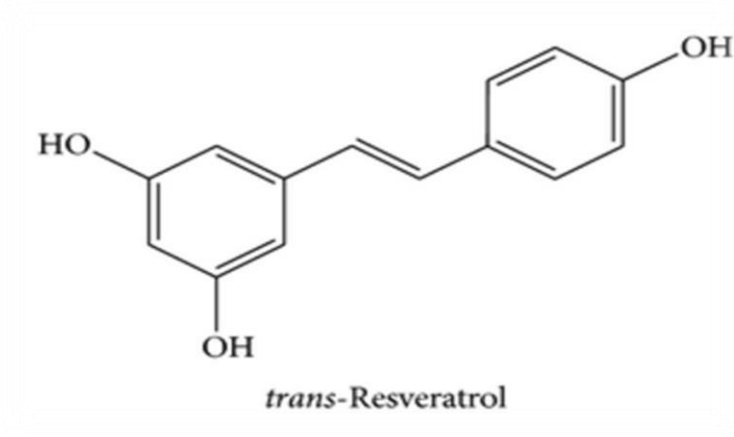
Les acides hydroxycinnamiques ont une structure de type C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> et se trouvent sous forme d'ester de l'acide tartrique, dans les vacuoles des cellules de la pellicule et de la pulpe (FLANZY, 1998).



**Figure 11** : structures de base des acides phénoliques : (a) acides hydroxycinnamiques et (b) acides hydroxybenzoïques (LOPEZ-GIRALDO, 2008).

- **Les stilbènes**

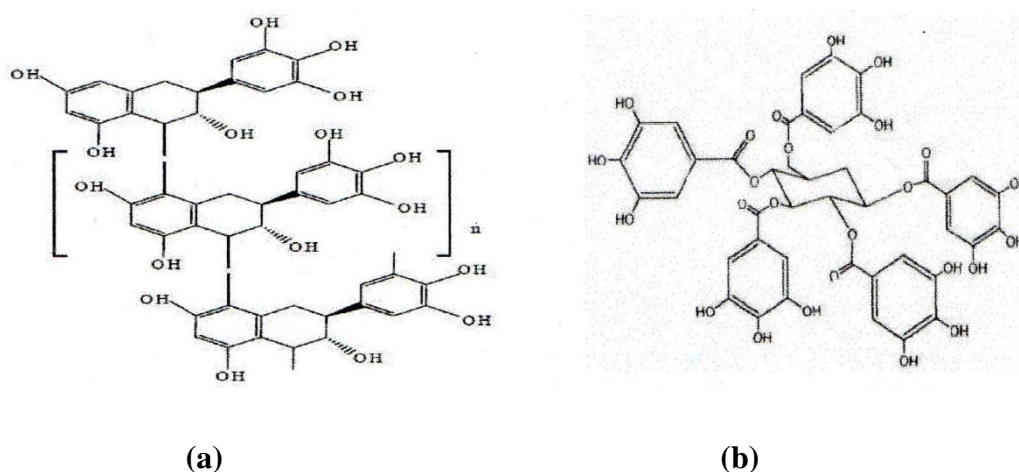
Les stilbènes sont des composés polyphénoliques contenant deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison (C6-C2-C6). Le *trans*-resvératrol (figure 12) possède des propriétés antifongiques. Par ailleurs, de nombreuses études ont été menées sur les propriétés antioxydantes des stilbènes et leur capacité à lutter contre les maladies cardiovasculaires et le cancer (JANG *et al.*, 1997).



**Figure 12** : structure *trans*-Resveratrol (CHIRA *et al.*, 2008).

- **Les tanins**

Les tanins constituent le troisième groupe important de composés phénoliques, ils ont des poids moléculaires relativement élevés subdivisés en tanins hydrolysables qui sont des esters d'acide gallique, ces substances facilement hydrolysables par voie chimique ou enzymatique (MACHEIX *et al.*, 2005) ; et les tanins condensés ou les proanthocyanidines (figure 13) qui sont des polymères de monomères de polyhydroxyflavan-3-ol, reliés par des liaisons entre les carbones C4 et C8 ou C4 et C6 (ACHAT, 2013).

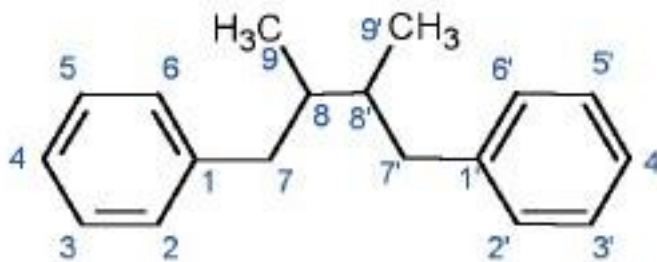


**Figure 13 :** structures générales des tanins condensés (a) et tanins hydrolysables (b)  
(CUSHNIE et LAMB, 2005).

En raison de leur complexation avec les protéines salivaires, les tanins condensés sont responsables de l'astringence caractéristique des fruits avant maturité (raisin, pêche, pomme, poire,...etc.) et de certaines boissons (vin, cidre, thé,...etc.) ainsi que de l'amertume du chocolat (ACHAT, 2014).

- **Les lignanes**

Les lignanes sont un groupe de diphénols (deux unités de phenylpropane), relativement simples, ayant une structure de 2,3-dibenzylbutane, formée par la dimérisation de deux résidus d'acide cinnamique. Ce sont des composés mineurs non nutritifs et non caloriques, associés aux fibres alimentaires produits dans une grande variété d'aliments végétaux, principalement dans les graines oléagineuses, les céréales, les légumes, les fruits et des légumineuses. La graine de lin et de sésame, ainsi que le thé est une source riche de lignanes. (KEERTHI *et al.*, 2014).



**Figure 14** : structure de lignane (SAINVITU *et al.*, 2011).

### 3.1.2.2. Le mode d'action

#### ❖ Antioxydants primaires

Les antioxydants primaires englobent les composés qui interfèrent avec l'auto-oxydation qui permettent l'interruption de la chaîne autocatalytique :  $AH + R^* \longrightarrow A^* + AH$ . La molécule AH est antioxydante si le radical formé A\* est plus stable. La stabilité du radical A\* peut s'expliquer par sa conversion en composés non radicalaires (ROLLAND, 2004).

#### ❖ Antioxydants secondaires

Les antioxydants secondaires sont des composés qui assurent l'inhibition de la production des radicaux libres. Ce sont des substances décomposant les hydroperoxydes en alcool, des thiols (glutathion) ou les disulfures, des protecteurs vis-à-vis des UV (carotène), des chélatants des métaux promoteurs d'oxydation type fer et cuivre (l'acide citrique) ou enfin de séquestrants d'oxygène (l'acide ascorbique) (ROLLAND, 2004).

# **Partie expérimentale**

## Matériels et méthodes

Au cours de notre étude nous avons comparé la valeur nutritionnelle d'un jus commercial « Ramy » avec un jus naturel prévenons des 3 variétés d'oranges à savoir : Sanguine, Tardive et Bigaradier.

Cette étude est basée sur la détermination des sucres réducteurs (DNS) et l'activité des antioxydants (DPPH).

L'étude expérimental a été réalisée au sein du « Laboratoire Ressources Naturelles » de la Faculté des Science Biologiques et Agronomiques, Université de Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou.

### 2.1. Matériel

Nous avons utilisés quelques verreries et appareils de Laboratoire, regroupé dans le tableau V

**Tableau V** : différents matériaux et réactifs utilisés lors des manipulations.

Verreries et autres	Réactifs
Entonnoir	DPPH (0.002%)
Becher	Méthanol
Tubes à essai	DNS
Filtre	Acide ascorbique
Agitateur magnétique	
Spectrophotomètre	
Vortex	
Centrifugeuse	
Bain marie	
Micropipette	

### 2.2. Méthodes

#### 2.2.1. Echantillonnage

##### 2.2.1.1 .Jus d'orange Naturel

Nous avons cueillie trois (03) lots de chaque variété, le Bigaradier (*Citrus aurantium*) et la Sanguine (*Citrus sinensis*) par deux orangers différents (Beni Douala, Tizi ouzou) et la variété Tardive acheter au marché (figure 15).



**Figure 15** : variétés de nos oranges

### 2.2.1.2. Jus commercial

Nous avons choisi trois lots du jus « Ramy » d'où nous avons prélevé trois (03) échantillons (A, B et C) de chaque bouteille (figure 16).



**Figure 16** : jus d'orange commercial.

## Matériels et méthodes

### 2.2.2. Préparation des échantillons

Après lavage des oranges et pressage, le jus obtenu est filtré et centrifugé à 4000 tours/min pendant 10 minutes, le même traitement a été réalisé pour le jus « Ramy ».

Des dilutions ( $10^{-1}$ ;  $10^{-2}$ ;  $10^{-3}$ ) ont été réalisées pour les différents échantillons.

### 2.2.3. Dosage spectrophotométrie des sucres réducteurs par DNS (acide 3,5-dinitrosalicylique).

La détermination des sucres réducteurs est basée sur la méthode DNS décrite par (MILLER, 1959), est basée sur une réaction d'oxydo-réducteur, à chaud et en milieu alcalin, il y a réduction de l'acide 3,5-dinitrosalicylique (aussi appelé acide 2-hydroxy-3,5-dinitrobenzoïque) de couleur jaune qui joue le rôle d'oxydant, le glucose étant le réducteur. Le composé obtenu (l'acide 3-amino 5-nitrosalicylique) est rouge orangé à reflets pourpres qui absorbe à 530 nm. Cette méthode nécessite la réalisation d'une courbe étalon avec du glucose.

#### 2. 2.3.1. Réalisation de la gamme de concentration du glucose.

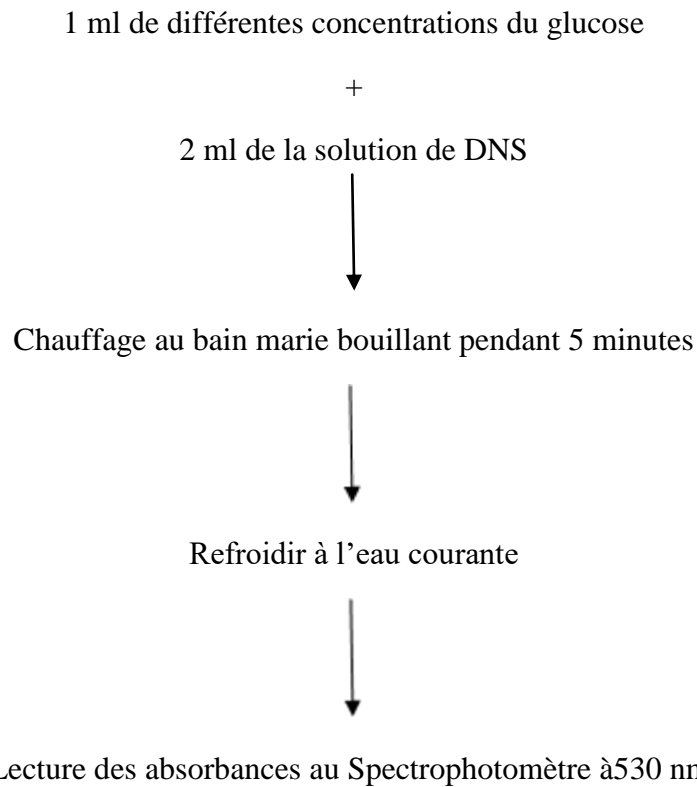
A partir d'une solution mère de glucose (1g/l) nous avons réalisé une gamme de concentration, selon le tableau VI suivant :

**Tableau VI :** gamme étalon de glucose.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution glucose (ml)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Eau distillée (ml)	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
Concentration du glucose mg/ml	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1

Chacune des concentrations précédentes est mise en présence du DNS et selon le protocole décrite dans la figure 17 suivant :

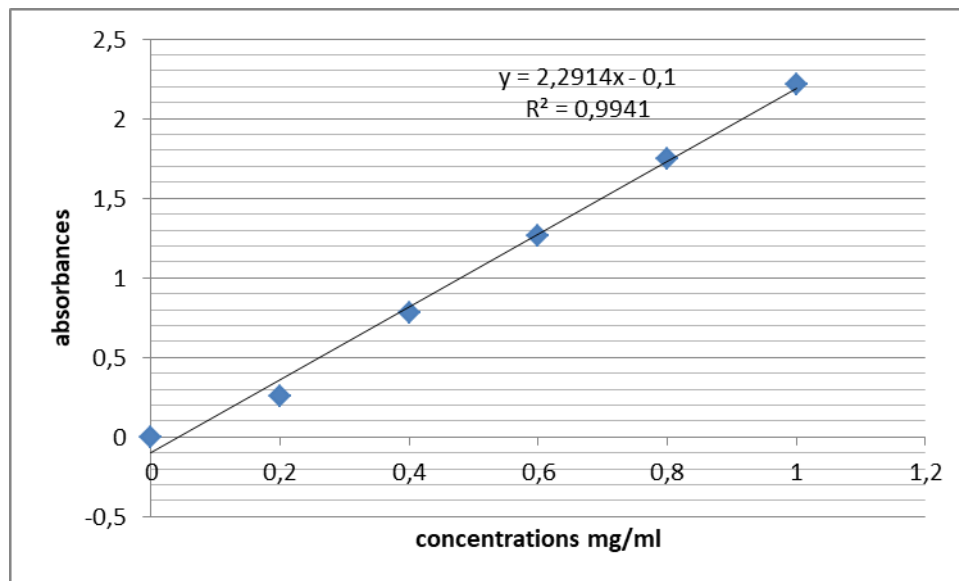
## Matériels et méthodes



**Figure 17** : schéma récapitulatif du dosage des sucres réducteurs.

### 2.2.3.2. Réalisation de la courbe étalon

A partir de la différente concentration du glucose et des densités optique correspondant. Nous avons établi une courbe étalon  $f(cc) = DO$  (figure 18).



**Figure 18** : courbe d'étalonnage du glucose

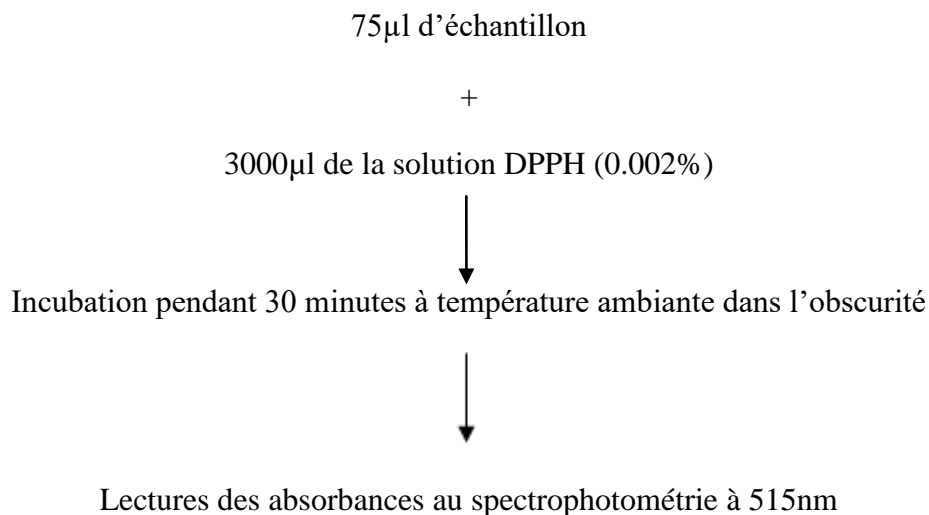
### 2.2.3.3. Détermination de la teneur en sucres réducteurs des différents échantillons

Différents échantillons ont subi les mêmes étapes décrites précédemment, à partir des DO (densités optiques) obtenues et en se basant sur l'équation de la courbe d'étalon nous avons déduit les concentrations de nos échantillons.

### 2.2.4. Activité antioxydant DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

C'est une méthode largement utilisée dans de l'activité antioxydante, le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) se caractérise par sa capacité de former des radicaux libres stables. La présence de ces radicaux DPPH donne lieu à une coloration violette foncée de la solution qui absorbe à 515nm. La réduction des radicaux DPPH par un agent antioxydant entraîne une décoloration de la solution vers la couleur jaune.

L'évaluation de la capacité antioxydante est réalisée suivant le protocole expérimental de (BOUGANDOURA *et al.*, 2012) (figure 19).



**Figure 19** : schéma récapitulatif de l'activité antioxydant.

La vitamine C (Acide ascorbique) est utilisée comme un control positif. L'activité antiradicalaire DPPH\* est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH et il est calculé comme suit :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(D.O_{A0} - D.O_{Ech}) / D.O_{A0}] \times 100$$

$DO_{Ech}$  : D O de l'échantillon.

$DO_{A0}$  : D O du control 100% obtenu en remplaçant l'échantillon par le méthanol.

### **2.2.5. Analyse statistique**

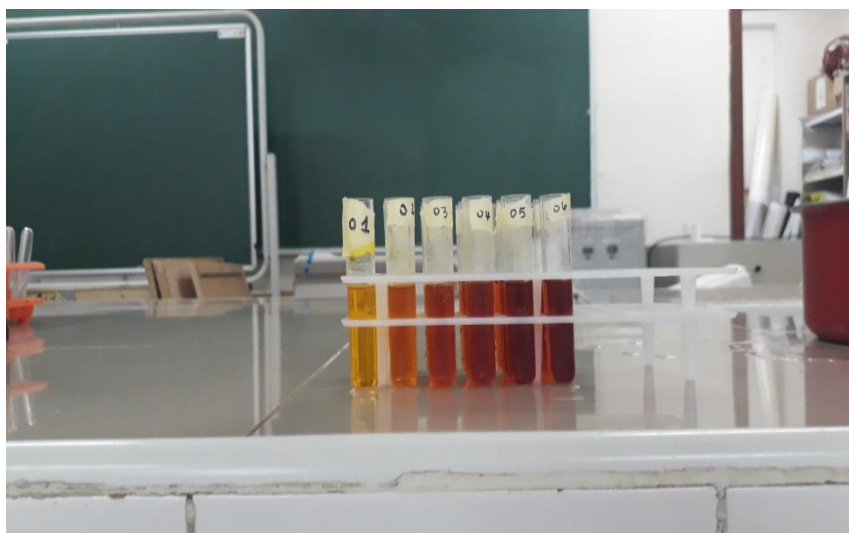
Les résultats sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA), les comparaisons multiples des moyennes sont comparées à l'aide du Test Newman Keuls. Toutes les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel Stat Box 6.40.

# **Résultats et discussions**

## Résultats et discussions

### 5.1. Dosage des glucides

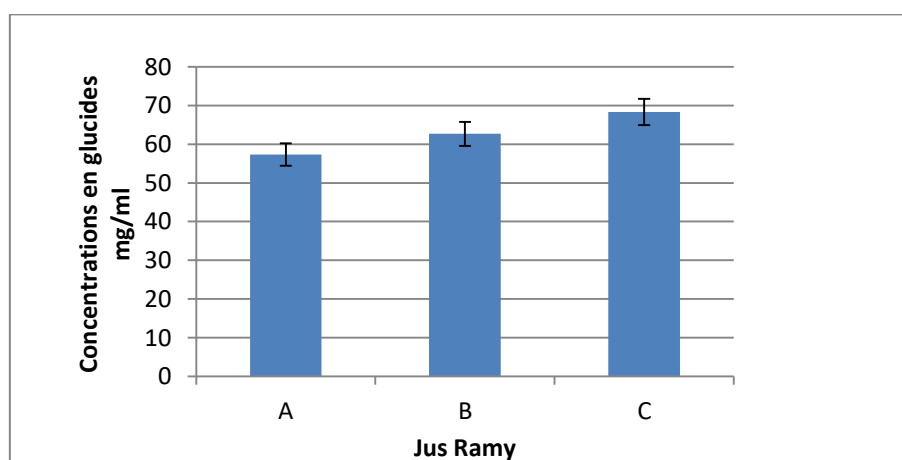
Le dinitrosalicylique (DNS), qui en milieu alcalin et à chaud réagit avec les sucres réducteurs pour former l'acide 3-amino-5-nitrosalicylique, avec un virage de couleur de jaune-orange au rouge (figure 20). La teneur en sucre est déterminée après établissement de la courbe étalonnage (figure 21).



**Figure 20:** dosage des sucres réducteurs par le dinitrosalicylique et coloration de la gamme.

#### 5.1.1. Détermination de la concentration en sucres réducteurs

Les concentrations des glucides de jus Ramy sont mesurées en milligramme équivalent de glucose par millilitre d'échantillon (annexe 01). Les résultats sont calculés à partir de l'équation de la courbe de glucose. Ils sont représentés dans la figure 21 :

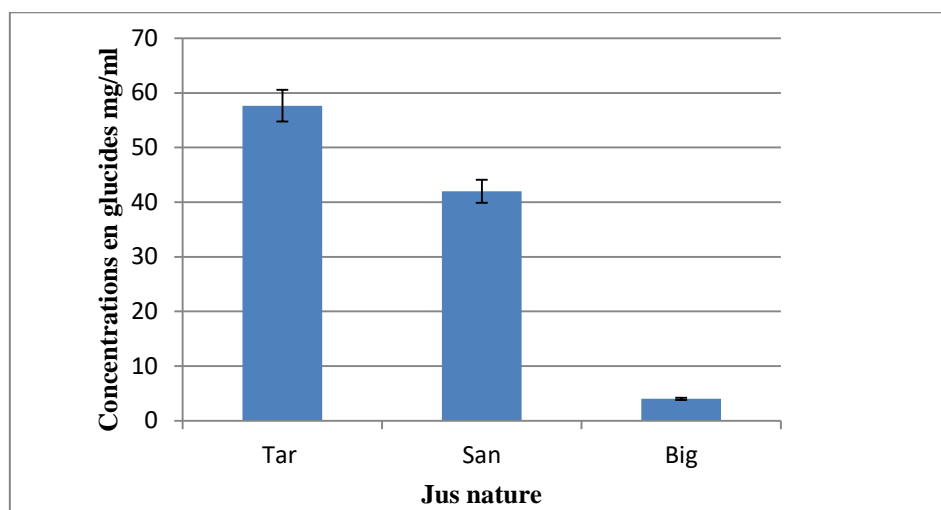


**Figure 21 :** histogramme des concentrations en sucres réducteurs dans le jus Ramy.

A : échantillon de la bouteille 1 ; B : échantillon de la bouteille 2 ; C : échantillon de la bouteille 3

## Résultats et discussions

A partir de la figure 21 nous constatons que l'échantillon C a révélé la concentration la plus élevée qui est de 68 mg/ml, suivi par l'échantillon B avec une valeur de 62 mg/ml et l'échantillon A a révélé la concentration la plus faible avec une valeur de 57 mg/ml.



**Figure 22** : histogramme des concentrations en sucres réducteurs dans le jus nature.

Tar: Tardive; San: Sanguine; Big: Bigaradier

Les teneurs en sucres réducteurs de jus nature sont représentés par des concentrations variables, la tardive a révélé la teneur la plus élevée avec de 57 mg/ml, la sanguine avec une valeur de 42 mg/ml et bigaradier avec une teneur la plus faible qui est de 4 mg/ml.

Les analyses de variance type ANOVA révèlent une différence hautement significative entre la teneur en sucres réducteurs des différents jus Ramy ainsi les jus natures ( $p=0.00$ ). Les comparaisons multiples des moyennes (Test Newman Keuls) ont révélé la formation de quatre groupes différents (A, B, C et BC) avec des moyennes variables en teneur en sucres réducteurs (tableau VII).

**Tableau VII** : comparaison multiple des moyennes de sucres réducteurs.

	Groupe	Moyenne
Niveau Big	A	4,00
Niveau Sang	B	42,00
Niveau Ram 1	BC	57,33
Niveau Tar	BC	57,67
Niveau Ram 2	BC	62,67
Niveau Ram 3	C	68,33

## Résultats et discussions

---

D'après les résultats représentés dans la figure 21 et 22, on remarque une variation de la teneur en sucres dans les différents jus analysés. Cette variation peut dépendre de plusieurs facteurs tels que : l'espèce (variété, matière première) et le niveau de maturité du fruit, les procédés de fabrication et les traitements subis, ainsi que la durée et les différentes conditions de conservation et de stockage des jus.

Les sucres réducteurs contenus dans le jus de fruits (Ramy orange) sont représentés par le glucose et le fructose qui sont des sucres rapidement assimilés et fournissent de l'énergie à l'organisme, les sucres contiennent une grande place parmi les substances dissoutes dans les jus commercialisés, ils donnent au jus un goût caractéristique.

Les résultats relatifs à la quantité des sucres réducteurs des différents jus de fruits sont représentés dans la figure 21. Nous remarquons que la teneur la plus élevée en sucres réducteurs enregistrés dans l'échantillon C suivi par l'échantillon B puis l'échantillon A. La teneur élevée en sucres réducteurs (glucides) dans ces jus pourrait être liée aux sucres et aux édulcorants ajoutés tels que définis dans la norme Codex sur les sucres ajoutés aux jus (CX-STAN 212-1999), à savoir le sucrose, le dextrose monohydraté, le dextrose anhydre, le glucose, le fructose, le sirop de fructose et les sucres dérivés de fruits.

Le jus d'orange nature est un jus obtenu à partir d'un seul type de matière première sans addition d'autre jus, de sucre et de conservateurs pour cela a révélé des concentrations variables (LAHTEENMAKI et TUORILA, 1997).

D'après les résultats obtenus par la méthode spectrophotométrie utilisant le DNS. Cette méthode n'est pas particulièrement résolue mais elle fournit malgré tout des résultats acceptables sur des mélanges simples de sucres, mais elle n'est pas très spécifique, ce qui empêche leur utilisation pour l'analyse des mélanges (HUDSON et BAILEY, 1980).

Une autre méthode peut être utilisée pour le dosage des sucres réducteurs (Glc, Fru). Il s'agit de la méthode de Bertrand; basée sur les propriétés des oses vis-à-vis des ions  $\text{Cu}^{+2}$  de liqueur de Fehling en milieu alcalin à chaud, mais ce n'est pas une méthode spécifique des glucides réducteurs, d'autres substances peuvent réduire la liqueur et fausser le dosage.

La chromatographie phase gazeuse (CPG) est une méthode utilisée pour doser les glucides réducteurs, elle est plus spécifique, plus rapide et plus précise que la spectrophotométrie et les autres méthodes chromatographiques.

## Résultats et discussions

### 5.2. Activité antioxydante

Il existe plusieurs méthodes pour estimer l'activité antioxydante, la méthode de DPPH est la plus utilisée pour déterminer l'activité anti-radicalaire d'un composé unique ou d'un mélange de composés. Cette méthode est la plus simple, plus facile, plus précise et plus productive pour l'évaluation de l'activité antioxydante dans les jus de fruits, les extraits de plantes et les substances pures comme les flavonoïdes (PEREIRA NUNES *et al.*, 2012).

Cette méthode spectrophotométrique utilisée le radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) de couleur violette comme réactif, qui vire au jaune en présence de capteurs de radical libre stable, et se réduit en 2,2-diphényle-1-icydrazine (BURITS et BUCAR, 2000).

Le tableau VIII présente les résultats obtenu pour le pourcentage d'inhibition de DPPH (annexe 02) :

**Tableau VIII** : pourcentage d'inhibition de DPPH des jus analysés.

Jus	Ramy 1	Ramy 2	Ramy 3	San	Tar	Big
% d'inhibition de DPPH	1,72±0,079	5,84±0,400	1,62±0	30,2±0,961	17,13±1.076	15,82±0,546

A partir du tableau VIII nous constatons que le jus nature présente des valeurs variables, la sanguine avec une valeur élevé de 30,2±0,961 suivi par la tardive d'une valeur de 17,13±1.076 et au dernier le bigaradier avec une valeur de 15,82±0,546. Par contre le jus commercial a enregistré les valeurs les plus faibles variables allant de d'une valeur de 5,84±0,400 pour Ramy 2 suivi de Ramy 1 avec une valeur de 1,72±0,079, puis de Ramy 3 d'une valeur de 1,62±0.

Les analyses statistiques de variance type ANOVA révèlent une différence hautement significative entre le pourcentage d'inhibition de DPPH des différents jus Ramy ainsi les jus natures ( $p=0.00$ ). Les comparaisons multiples des moyennes (Test Newman Keuls) ont révélé la formation de trois groupes différents (A, B, C) avec des moyennes variables en pourcentage d'inhibition de DPPH (tableau IX).

## Résultats et discussions

**Tableau IX** : comparaison multiple des moyennes de pourcentage d'inhibition de DPPH.

	Groupe	Moyenne
Niveau Ram 3	A	1,62
Niveau Ram 1	A	1,72
Niveau Ram 2	A	5,59
Niveau Big	B	15,82
Niveau Tar	B	17,13
Niveau Sang	C	30,20

Dans nos résultats nous sommes arrivés à analyser la capacité de piégeage du radical DPPH du jus nature et commercial, les jus nature présentent une activité anti-radicalaire la plus élevée avec des valeurs variables (sang :  $30,2 \pm 0,961$ , tar :  $17,13 \pm 1,076$ , big :  $15,82 \pm 0,546$ ) contrairement au jus commercial avec une faible activité anti-radicalaire avec des valeurs différentes de (Ramy 2 :  $5,84 \pm 0,400$  ; Ramy 1 :  $1,72 \pm 0,079$  ; Ramy 3 :  $1,62 \pm 0$ ). D'autres études ont enregistré une activité anti-radicalaire de jus d'orange d'une valeur de  $47,4 \pm 0$  (FLOEGEL, 2011). L'activité antioxydante peut être affectée par de nombreux facteurs tels que la polarité des solvants et la variation des espèces utilisées.

Pour ce qui est de l'activité anti-radicalaire du jus nature et commercial, nous avons eu des pourcentages d'inhibition du standard acide ascorbique avec une valeur de  $51,53 \pm 0,699$  supérieur à l'activité anti-radicalaire de nos jus analysés. D'après (COSTA *et al.*, 2012) l'acide ascorbique a donné une valeur de  $31,3 \pm 0$ , il contient généralement des valeurs variables, mais les différents échantillons montrent des valeurs similaires, l'acide ascorbique est utilisé comme additive alimentaire de conservation, ces valeurs sont conformes avec les résultats rapportés par la littérature.

# **Conclusion et perspectives**

## Conclusion

---

Il existe un grand nombre de méthodes pour l'évaluation de la qualité d'un produit alimentaire que ce soit au niveau nutritionnel ou organoleptique. La technique de dosage physicochimique étudié est le dosage des sucres réducteurs par méthode DNS présents dans le jus commercial (Ramy) et le jus nature, constitue une étape importante pour le contrôle de la qualité de nos jus ; ainsi l'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH et détermination de piégeage des radicaux libres.

D'après les résultats obtenues, on constate que le jus Ramy (commercial) marqué par des différences rapproché entre nos échantillons du même jus (Ramy) qui présente une teneur élevé en sucres réducteurs par rapport aux jus natures obtenue par les trois variétés ( Sanguine, Tardive , Bigaradier) qui présente aussi des valeurs significatives ( la Tardive présente la valeur la plus élevé est de 57 mg/ml) ; cette différence est peut-être due à plusieurs facteurs tel que la maturité ( matière première) et la variété du fruit aussi que l'ajout de certains conservateurs.

Les résultats de l'analyse de l'activité antioxydante par méthode de DPPH ont montré que les jus nature présentent une activité antiradicalaire la plus élevé par rapport au jus commercial qui présente des valeurs faibles.

Pour compléter cette étude, nous suggérons de l'étayer par :

- ✓ L'analyse microbiologique des jus d'oranges.
- ✓ D'identifier les différents antioxydants des jus d'oranges.
- ✓ L'étude d'autres paramètres physicochimiques par exemple sur les sucres totaux, la vitamine C et les polyphénols....

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

**ANONYME. (2000).** Guide pour l'élaboration et la pasteurisation des jus de fruits. Edition crp (centre romand de pasteurisation).

**APAB (Association des Producteurs Algériens des Boissons). (2011).** Guide de bonne pratique d'hygiène, Programme d'Appui aux PME/PMI et à la Maîtrise des Technologies d'information et de Communication (PME II). Industrie algérienne des jus de fruits, nectars et produits dérivés.

**ACHAT S. (2013).** Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de Doctorat. Université A. Mira- Bejaia. Algérie.

**AMROUCHE F. (2019).** Process de fabrication des jus d'orange. Génie Alimentaire. In <https://www.genie-alimentaire.com/spip.php?article291>.

**BUSI SZMRZSIK N. (1993).** La vitamine E ses effets preventifs vis-à-vis des cancers et des maladies cardiovasculaires. Thèse Doctorat en Pharmacie de l'Université Joseph FOURIER, Grenoble I – Sciences Technologie Médecine, U.F.R. de Pharmacie.

**BURITS M. and BUCAR F. (2000).** Antioxidant activity of Nigella sativa Essential Oil. Phytotherapy Research, 14:323-328.

**BARON A. (2002).** Jus de fruits. In Technologies de transformation des fruits. XX Eds Tec & Doc, Paris. In BERLINET C. (2006). Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Sciences Alimentaires, ENSIA (Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires), Montpellier, France.

**BARON A. (2002).** Jus de fruits. Dans ALBAGNAC G, VAROQUAUX P. & MONTIGAUD J.C. : Technologies de transformation des fruits. Lavoisier, Paris, pp : 287-344. In CENDRES A. (2010). Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus. Alimentation et Nutrition. Université d'Avignon.

**BERLINET C. (2006).** Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Sciences Alimentaires, ENSIA (Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires), Montpellier, France.

**BOUGANDOURA N., BENDIMERAD N. (2012).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technologie*, 5(2) :14-19.

**CODEX ALIMENTARIUS . ( 1999).** Norme pour les sucres. Codex Stan 212-1999.p :1-5.

**CODEX ALIMENTARUS. (1992).** Jus de Fruits et Produits Dérivés (Volume 6). Normes codex pour le jus d'orange. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Rome.

**CHEN C.S., SHAW P.E., PARISH M.E. (1993).** Orange and tangerine juices. In NAGY S., CHEN C.S.,SHAW P.Z., Eds. *Fruit Juice Processing Technology*.AgScience Inc, Auburndale, Florida. In BERLINET C. (2006). Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. *Sciences Alimentaires, ENSIA (Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires), Montpellier, France.*

**COLOMBO A. (2004).** *La Culture Des Agrumes.* Edition Vecchi S.A., Paris.

**CAILHOL M. et GROSSELIN B. (2004).** *Pratique du bar et des cocktails : études sur les boissons, cocktails, technologie du bar, gestion.* Editions BPI, pp : 248.

**CLAVEAU D. (2009).** Activités antimicrobiennes de différentes préparations de ZnO, CaO et leur potentiel comme agents de conservation des jus de fruit. Département des sciences des aliments et de nutrition Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval, Québec.

**CHIRA K., SUH J.-H., SAUCIER C., TEISSEDRE P.-L. (2008).** Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6(2) :75-82.

**CUSHNIE T.P.T. & LAMB A.J. (2005).** Antimicrobial activity of flavnoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26(5):343-356.

**COSTA A.S.G., NUNES M.A., ALMEIDA I.M.C., CARVALHA M.R., BARROSO M.F., ALVES R.C., OLIVEIRA M.B.P.P. (2012).** Teas , dietary supplements and fruit juices: A comparative study regarding antioxidant activity and bioactive compounds. *LWT- Food Science and Technology*,49:324-328.

**DJADI K.(1987).** Influence des conditions de stockage sur la qualité de jus d'orange .Mémoire de second cycle, technologie alimentaire. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II.

**DHAMIJA Om. P. et HAMMER W.C.K. (1993).** Manuels sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires 6.aliments pour l'exportation. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO, Rome.

**DIALLO A. (2005).** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd.(myrtaceae). Thèse de Doctorat de l'Université de Bamako, Bamako. Mali :Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odoto-Stomatologie.

**ESPIARD E. (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Tec & Doc, Lavoisier.

**ETEBU E. and NWAUZOMA A. B. (2014).** A review on sweet orange (*Citrus sinensis* L Osbeck) : health diseases and management. American Journal of Research Communication, 2(2):33-70.

**FLANZY C. (1998).** Oenologie fondements scientifiques et technologiques. Edition Lavoisier, Tec & Doc, Paris.

**FAVIER A. (2003).** Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. Mécanismes biochimiques, l'actualité chimique, Grenoble, France.

**FREDOT E. (2005).** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Editions TEC & DOC, Lavoisier. Paris.

**FLOEGEL A., KIM D.-O., CHUNG S.-J., KOO S.I., CHUN O.K. (2011).** Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich us foods. Journal of Food Composition and Analysis,24:1043-1048.

**GEE J.M. and JOHNSON I.T.(2001).** Polyphenolic Compounds: Interactions with the Gut and Implications for Human Health. Current Medicinal Chemistry,8:1245-1255.

**GULCIN I., HUYUT Z., ELMASTAS M., HASSAN Y. et ABOUL-EEIN D. (2010).** Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. Arabian Journal of Chemistry.3(1):43-53.

**HAINEAULT S. (1999).** Les vertus thérapeutiques des agrumes: citron, lime, pamplemousse, orange. Edition Quebecor, Québec.

**HUDSEN et BAILEY (1980).** Revue critique des méthodes d'analyses, chapitre 7 :19-20.**HENDRIX C. M. and REDD J. B. (1995).** Chemistry and technology of citrus juices and by-products. In: ASHURST P. R. (Ed.) 1995. Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages .Blackie Academic & Professional, p: 53-87.

**HALLGAS B., PATONY T., KISS-SZIKSZAI A., DOBOS Z., HOLLOSY F., EROS D., ORFI L., KERI G. et IDEI M.(2004).** Comparison of measured and calculated lipophilicity of substituted aurones and related compounds. Journal of Chromatography B, 801(2):229-235. In REZAIRE A. (2012). Activité anti-oxydante et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus bataua* (patawa). Thèse de Doctorat en Phtochimie de l'Université des Antilles et de la Guyane.

**HADJ SALEM J.(2009).** Extraction, identification, caracterisation des activites biologiques de flavonoides de *Nitraria retusa* et synthese de derives acyles de ces molecules par voie enzymatique. Thèse de Doctorat de l'institut national polytechnique de Lorraine, Lorraine, France.

**JANG M., CAI L., UDEANI G.O., SLOWING K.V., THOMAS C.F., BEECHER C.W., FONG H.H., FARNSWORTH N.R., KINGHORN A.D., MEHTA R.G.,MOON R.C., PEZZUTO J.M. (1997).** Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a naturel product derived from grapes. *Sciences*, 275(5297):218-200.

**JENNER P. (2003).** Oxidative stress in Parkinson's Disease. *Annals of Neurology*. Vol 53 (suppel 3): 526-538.

**KNEKT P., KUMPULAINEN J., JARVINEN R., RISSANEN H., HELIOVAARA M., REUNANEN A., HAKULINEN T., and AROMAA A. (2002).** Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(3):560-568.

**KANOUN K. (2011).** Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L.(Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Mémoire de Magister en Biologie. Université Aboubekr Belkaid Tlemcan. p 30-48.

**KUMAR H., CHOUDHARY N., VARSHA KUMAR N.,SUMA N. et SETH R. (2014).** Phenolic compounds and their health benefits: A rview. *Journal of Food Research and Technology*. 2(2):46-59.

- KEERTHI K.D., JHA A., SABIKHI L. et SINGH A.K. (2014).** Significance of coarse cereals in health and nutrition. *World Journal of Food Science and Technology*, 51(8):1429-1441.
- LAHTEENMAKI L. et TUORILA H.(1997).** Item –by-use appropriateness of drinks varying in sweetener and fat content. *Food Quality and Preference*, 8(4):85-90.
- LU Y.R., and FOO L.Y.(1999).** The polyphenol constituents of grape pomace. *Food Chemistry*, 65(1):1-8.
- LAIGHT D.W., CARRIER M.J., ANGGARD E.E. (2000).** Antioxidants, diabetes and endothelial dysfunction. *Cardiovascular Research*, 47(3):457-464.
- LEONG L.P., and SHUI G. (2002).** An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food chemistry*,76(1): 69-75.
- LUGASI A., HOVARI J., SAGI K.V., BIRO L. (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta. Biol. Szeged*,47, 119-125.
- LOPES-LUTZ D., ALVIANO D.S., ALVIANA C.S. & KOLODZIEJCZYK P.P.(2008).** Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*.69:1732-8.
- LEOPOLDINI M., RUSSO N. et TOSCANO M. (2011).** The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2):288-306.
- LIU Y., HEYING E., & TANUMIHARDJO S.A. (2012).** History, Global Distribution, and Nutritional Importance of Citrus Fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food safety*, 11(6):530-545.
- LAGHA-BENAMROUCHE S., ADDAR L., BOUDERHEM H., TANI S., MADANI K.(2017).** Caractérisation chimiques des écorces d'oranges, identification par GC-MS etévaluation du pouvoir antioxydant de leurs huiles essentielles. *Nature & Technology Journal. Vol B : Agronomic & Biological Sciences*.18 :28-35.
- MILLER G. (1959).** Use of dinitrosalicylic acide reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3):426-428.

**MARKESBERRY W.R. (1997).** Oxidative stress hypothesis in Alzheimer's disease. *Free radical biology and medicine*, 23(1):134-147.

**MERCADENTE M. Z., STECK A., and PFANDER H. (1999).** Carotenoids from Guava (*Psidium guajava* L.): Isolation and Structure Elucidation. *Journal Agric. Food Chemistry*,47,145-151.

**MALTERUD K.E. & RYDLAND K.M.(2000).** Inhibitors of 15-lipoxygenase from Orange peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11):5576-5580.

**MAREZ M. (2003/2004).** L'acide ascorbique et son utilisation en tant qu'additif dans les industries alimentaires. Université Paris XII Val Marne, JEHL B., MADET N., Licence IUP SIAL. Paris.

**MARCHEIX J.J., FLEURIET A., JAY-ALLEMAND C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques, 84-86.

**MASSION P. B. et PREISER J. -C. (2010).** Réanimation métabolique du myocarde : à la redécouverte de l'insuline. *Réanimation*, 19(5) :406-415.

**MILIND P. and DEV C. (2012).** Orange: range of benefits. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(7):59-63.

**MRAIHI F., HIDALGO M., PASCUAL-TERESA S., TRABELSI-AYADI M. et CHERIF J.-K. (2015).** Wild grown red and yellow hawthorn fruits from Tunisia as source of antioxidants. *Arabian Journal of Chemistry*, 8:570-578.

**MOJZER E.B., HRNCIC M.K., SKERGET M., KNEZ Z. et BREN U.(2016).** Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. *Molecules*, 21(901):1-38.

**NAKAJIMA V.M., MACEDO G.A. et MACEDO J.A. (2014).** Citrus bioactive phenolics: Role in the obesity treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 59:1205-1212.

**NADEAU M. (2016).** Le BHT. Dess de Cosmetologie, UQAC( Université du Québec à Chicoutimi), Québec, Canada.

**OMOBA O.S., OBAFAYE R.O., SALAWU S.O., BOLIGNON A.A. et ATHAYDE M.L.(2015).** HPLC-DAD phenolic characterization and antioxidant activities of ripe and unripe sweet orange peels. *Antioxidants*.4:498-512.

**PEREIRA NUNES X *et al.*,(2012).** Biological Oxidations and Antioxidant Activity of Natural Products. *Phytochemicals as Nutraceuticals*.p:1-20.

**PUTHER J.T. (2016).** Antioxidants and cellular antioxidation mechanism in plants. *South Indian Journal of Biological Sciences*. 2(1):14-17.

**RAYMOND L. (1989).** Les agrumes.vol 1, Arboriculture, Edition scientifique universitaire.

**RETSKY K.L., CHEN K., ZEIND J. and FREI B. (1999).** Inhibition of copper-induced LDL oxidation by vitamin C is associated with decreased copper-binding to LDL and 2-oxo-histidine formation. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(1-2):90-98.

**REIMUND J.-M. (2002).** Stress oxydant au cours des syndromes inflammatoires chroniques oxidative stress in chronic inflammatory syndromes. *Nutrition clinique et métabolisme*, 16(4) :275-284.

**ROLLAND Y. (2004).** Antioxydants naturels végétaux. *OCL*, 11(6) : 419-424.

**RAMFUL D., BAHORUN T., BOURDON E., TARNUS E., ARUOMA O. I. (2010).** Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*, 278(1):75-87.

**REZAIRE A. (2012).** Activité anti-oxydante et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus bataua* (patawa). Thèse de Doctorat en Phtochimie de l'Université des Antilles et de la Guyane.

**ROCK E., FARDET A. (2014).** Les antioxydants des agrumes : action en solitaire ou matricielle ?. *Nutrition, Phtothérapie*, 12 :66-75.

**ROUAKI F. (2016).** Effets de l'ingestion de l'huile de tournesol oxydée et de la supplementation en alpha-tocopherol sur certain paramètres structuraux et fonctionnels du

tissu cardiaque chez le rat en croissance. Thèse de Doctorat, école nationale supérieure d'agronomie, el-harrach, Algérie.

**STOYANOVSKY D.A., GOLDMANA R., DARROW R.M., ORGANISCIAKB D.T., KAGANA V.E. (1995).** Endogenous ascorbate regenerates vitamin E in the retina directly and in combination with exogenous dihydrolipoic acid. *Current Eye Research*, 14(3):181-189.

**STAHL W., SIES H. (1997).** Antioxidant defense: vitamins E and C and caratenoids. *Diabetes*, 46, S14-S18.

**SCHROETER H., BOYD C., SPENCER J.P.E., WILLIAMS R.J., CADENS E.et RICE-EVANS C. (2002).** MAPK signaling in neurodegeneration: Influences of flavonoids and of nitric oxide. *Neurobiology of Aging*, 23(5):861-880.

**SHISMIZU H., KIYOHARA Y., KATO I., KITAZONO T., TANIZAKI Y., KUBO M., UENO H., IBAYASHI S., FUJISHIMA M., IIDA M. (2004).** Relationship Between Plasma Glutathione Levels and Cardiovascular Disease in a Defined Population: The Hisayama Study. *Stroke*, 35 (9), 2072-2077.

**SAINVITU P., NOTT K.,RICHARD G., BLECKER C., JEROME C., WATHELET J.-P., PAQUOT M.& DELEU M. (2011).** Structure, properties and obtention routes of flaxseed lignan secoisolariciresinol, a review. *Vol 16(1):115-124.*

**SHARMA P., BHUCHAN JHA A., DUBEY SHANKER R. et PESSARAKLI M. (2012).** Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany*.1-26.

**VOET D. & VOET J. G. (1995).** *Biochemistry*. 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.

**VERGELY C., et ROCHETTE L. (2003).** Stress oxydant dans le domaine cardiovasculaire. *Médecine thérapeutique Cardiologie*.1(3) :131-139.

**VIERLING E. (2003).** *Aliments et boissons*. Tome II. Filière et produits. 2<sup>ème</sup> Ed Dion éditeurs, p : 232-236.

**WEIL J.-H. et coll. (2005).** *Biochimie Générale*. Sciences Sup, 10<sup>e</sup> édition, Dunod, Paris.

**YOSHIDA H., KAJIMOTO G. et EMURA S. (1993).** Antioxidant effects of d-tocopherols at different concentrations in oils during microwave heating. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 70(10):989-995.

# **Annexes**

## Annexes

**Annexe 01** : concentration en sucres réducteurs mg/ml des jus analysés.

Jus	concentration en sucres réducteurs mg/ml	Moyenne $\pm$ erreur standard
RM1	52	57,33 $\pm$ 4,77
	51	
	69	
RM2	55	62,67 $\pm$ 5,85
	56	
	77	
RM3	62	68,33 $\pm$ 3,06
	68	
	75	
SAN	44	42 $\pm$ 1,25
	39	
	43	
TAR	59	57,66 $\pm$ 1,51
	54	
	60	
BIG	4	4 $\pm$ 0
	4	
	4	

**Annexe 02** : pourcentage d'inhibition de DPPH des jus analysés.

Jus	pourcentage d'inhibition de DPPH	Moyenne $\pm$ erreur standard
RM1	1,62	1,72 $\pm$ 0,079
	1,91	
	1,62	
RM2	6,33	5,84 $\pm$ 0,400
	4,86	
	5,59	
RM3	1,62	1,62 $\pm$ 0
	1,62	
	1,62	
SAN	28,48	30,2 $\pm$ 0,961
	29,67	
	32,45	
TAR	16,16	17,13 $\pm$ 1,076
	19,74	
	15,5	
BIG	16,38	15,82 $\pm$ 0,546
	14,43	
	16,66	

