

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Mohammed Seddik Ben Yahya - Jijel-

Faculté des Science de la Nature et de la Vie  
Département de Microbiologie Appliquée et  
Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية و علوم  
التغذية

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

**Option** : Contrôle de qualité des produits alimentaires

Thème

**Fabrication et contrôle de qualité d'un jus de carottes au  
gingembre « sans sucre ajouté »**

Membre de Jury

Présidente : M<sup>me</sup> BOUCHAFRA. A  
Examinatrice : M<sup>lle</sup> AYAD. R  
Encadrant : M<sup>r</sup>BOUBEZARI. MT

Présenté par :

BELIBEL El-Hassen  
BOUAROUDJ Salah

Année Universitaire 2016-2017

Numéro d'ordre (bibliographique) : .....

## REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, nous remercions **Dieu** le tout puissant, qui nous a donné la foi et la force pour accomplir ce travail.*

*Nous remercions aussi infiniment notre encadrant **Monsieur Boubezari** pour l'effort puissant qui nous a fourni tous le long de ce travail.*

*Nous remercions également **M<sup>em</sup> Bouchefra A**, MAA à l'université de MOHAMMED SEDDIK BENYAHIA- JIJEL, qui a accepté avec une grande sympathie de présider le jury de soutenance.*

*Tous nos remerciements s'adressent aussi à **M<sup>elle</sup> Ayad R**, MAA à l'université de Jijel, d'avoir bien voulu examiner notre travail. Qu'elle trouve ici l'expression de notre sincère gratitude.*

*Nous avons aussi un grand plaisir à côtoyer les ingénieurs du laboratoire de contrôle de qualité et nous citons entre autres : **Zinou, Mokhtar, Rachid, Soumia**. Vous nous avez beaucoup aidés tout au long des manipulations dans le laboratoire.*

*Nous remercions également l'ensemble des panélistes pour leur volonté, participation et sens de serviabilité.*

*Nous remercions beaucoup et en particulier **M.Foughalia A, M.Khannouf, M<sup>elle</sup> Ayad R, M.Bayou D** qui nous ont aidés par leurs conseils et encouragements*

*Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ce projet, tout particulièrement nos familles pour leur soutien et leur encouragement.*

## ***Dédicaces***

*À l'aide de dieu "Allah" le tout puissant Qui m'a tracé le chemin de ma vie, J'ai pu réaliser ce travail.*

*Je dédie ce travail à ma famille spécialement aux personnes les plus chères au monde. Mes chers parents, qui sont la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie. Qui m'ont apporté son appui durant toutes mes années d'études, pour ses sacrifices et soutien et qui m'ont donné la tendresse, la confiance, le courage et la sécurité.*

*À mon Cher frère Salah & mes très belles chères sœurs Hanine et Bahia.*

*À Mon pot Anes Fanit qui est partagé avec moi les moments difficiles pour réaliser ce travail.*

*À mes chers amis ; Anes, Anis, Boumediene, Nassim, Mimon, Houdaifa ,Sami ,Zaki, Ben chérif*

*À mon Binôme Salah, Nos chers groupes de travail encadrés par notre même encadreur les trinômes qui on partagé la même paillasse avec nous, durant l'intégralité de notre Travail.*

*À tous les collègues de la promotion Master 2017 contrôle de qualité  
Je remercie toutes les personnes que je n'ai pas pu citer leurs noms ici, et qui ont participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.*

*À tous ceux qui aiment la science et la recherche.*

**ELHASSEN**

# ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail à celle qui m'a accordé la vie, le symbole de douceur, celle qui a beaucoup sacrifié pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Nacira que dieu la protège*

*A mon père Ahcen , école de mon enfance, l'énorme aile qui m'encourage et ma appris le sens de la persévérance tout au long de mes études*

*A mes chers frères : Walid et Mohamed*

*A mes chère sœurs : Amina et Sana*

*À mes chers amis : Mouad, Amir, Fateh, Hamza, Mohamed, sabar, charaf-Eddin, Ramzi, Tayeb, Abd Errahim....etc*

*A tous mes enseignants du primaire jusqu' aujourd'hui.*

*A mon binôme El-Hassen qui je souhaite une vie pleine de joie et de prospérité.*

*A toute ma famille.*

*A mes très chères amis.*

*A tous mes collègues de la promotion.*

*A tous ceux qui me connaissent.*

*... Salah*

## Sommaire

Introduction.....	01
-------------------	----

### **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

I.1. Généralités sur les jus.....	03
I.2. Jus de carottes.....	04
I.2.1. Composition de jus de carotte.....	04
I.2.2. Bienfaits du jus de carottes.....	05
I.2.3. Technologie de fabrication du jus de carotte.....	06
I.2.3.1 Blanchiment.....	06
I.2.3.2. Cuisson à la vapeur.....	09
I.2.4 Procédés de conservation du jus de carotte.....	09
I.2.4.1 Traitement thermique.....	09
I.2.4.2. Acidification.....	10
I.2.5. Produits actifs dans le jus de carottes.....	11
I.2.5.1 Fibres.....	11
I.2.5.2. Antioxydants.....	11
I.2.5.2.1. Vitamine C.....	12
I.2.5.2.2. Caroténoïdes.....	12
I.2.5.2.3. Polyphénols.....	14
I.2.5.2.4. Flavonoïdes.....	15
<b>I.3. Gingembre.....</b>	<b>15</b>
I.3.1. Description botanique.....	15
I.3.2. Caractéristiques organoleptiques.....	15
I.3.3. Composition chimique.....	16
I.3.4. Principaux constituants.....	16

I.3.5. Préparation et consommation.....	17
I.3.6. Propriétés pharmacologiques.....	18
I.3.6.1. Effets antioxydants.....	18
I.3.6.2. Nausées et vomissements.....	18
I.3.6.3. Digestion.....	18
I.3.6.4. Inflammation.....	18
I.3.6.5. Autres.....	18

## **Chapitre II : Matériel et méthode**

II.1. Matériel végétal.....	20
II.2. Fabrication du jus.....	21
Détermination du rendement d'extraction de jus.....	21
II.3. Analyses physico-chimiques du jus.....	22
II.3.1. Teneur en eau.....	22
II.3.2. Teneur en matière organique et en cendres.....	22
II.3.3. Mesure du pH.....	22
II.3.4. Mesure de l'acidité titrable.....	23
II.3.5. Mesure du degré Brix.....	23
II.3.6. Mesure de la densité.....	23
II.3.7. Mesure de la conductivité électrique.....	24
II.3.8. Mesure de la turbidité.....	24
II.3.9. Mesure de la viscosité.....	24
II.3.10. Détermination de la teneur en protéines.....	25
II.3.11. Détermination du saccharose, du fructose et du glucose.....	26
II.3.12. Recherche de pectine.....	27
II.3.13. Dosage de cuivre et de zinc.....	27
II.4. Dosage des composés bioactifs dans le jus.....	28

II.4.1. Dosage des caroténoïdes.....	28
II.4.2. Dosage de la vitamine C.....	28
II.4.3. Dosage des composés phénoliques totaux.....	29
II.4.4. Dosage des flavonoïdes .....	29
II.4.5. Activité antioxydante.....	29
II.5. Contrôle microbiologiques de jus.....	30
II.6. Analyse sensorielle.....	30

### **Chapitre III :Résultats et discussion**

III.1. Caractéristiques physico-chimiques du jus .....	32
III.1.1. Teneur en eau.....	33
III.1.2. Teneur en matière organique et en cendres .....	34
III.1.3. Mesure du pH .....	34
III.1.4. Mesure de l'acidité titrable .....	35
III.1.5. Mesure du degré Brix .....	36
III.1.6. Mesure de la densité .....	36
III.1.7. Mesure de la Conductivité.....	37
III.1.8. Mesure de la Viscosité.....	37
III.1.9. Mesure de la Turbidité.....	38
III.1.10. Recherche de pectine .....	38
III.1.11. Teneur en protéines.....	39
III.1.12. Teneur en cuivre et en zinc.....	40
III.1.12. Détermination du Glucose, du Saccharose et du Fructose.....	40
III.2. Dosage des composants bioactifs dans le jus.....	41
III.2.1. Dosage de la vitamine C .....	41
III.2.2. Polyphénols.....	42
III.2.3. Caroténoïdes.....	44

III.2.4. flavonoïdes.....	45
III.2.5. Activité antioxydante.....	46
III.3. Analyses Microbiologique.....	47
III.4.Effet de gingembre sur les propriétés sensorielles du jus de carottes.....	49
Conclusion .....	51
Références bibliographiques	
Annexes	



## Liste des abréviations

**AEG** : Equivalent d'acide gallique

**AT** : L'acidité titrable

**Aw** : l'activité de l'eau

**BHA** : hydroxy-anisolebutylé

**BHT** : hydroxy toluène butylé

**DLC** : date limite de consommation

**DPPH** : 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil

**HPLC** : Chromatographie en phase liquide à haute performance

**IL** : Interleukin

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**JAG** : Jus de carottes avec gingembre

**JSG** : Jus de carottes sans gingembre

**LDL** : Low Density Lipoprotein

**LPS** : Lipopolysaccharides

**MCP-1** : Monocyte Chemotactic Protein-1

**mPa/s** : milipascal-seconde

**MO** : Matière organique

**MS** : Matière sèche

**NTU** : Néphélométrie unité standard de mesure de la turbidité

**pH** : Potentielle hydrogène

**POD** : Les peroxydases

**ppm** : Portion par million

**SAA** : Spectroscopie d'Absorption Atomique

**RANTES** : Regulated upon Activation Normal T cell Expressed and Secreted

**rpm** : Rotation par minute

**TNF- $\alpha$**  : Tumor Necrosis Factor  $\alpha$

**UFC** : Unité formant colonie



## Liste des figures

Liste des figures	N° page
<b>Figure 01</b> : Diagramme de fabrication des différents jus de carottes.....	07
<b>Figure 02</b> : effet des caroténoïdes sur la sante.....	13
<b>Figure 03</b> : Zingiber officinale et Rhizome du gingembre .....	15
<b>Figure 04</b> : Quelques structures de l'huile essentielle du gingembre.....	16.
<b>Figure 05</b> : Les composés responsables du goût du gingembre. ....	17
<b>Figure 06</b> : Diagramme de fabrication de jus de carottes au gingembre sans sucre ajouté.....	21
<b>Figure 07</b> : Teneur en cendres des jus fabriqués .....	34
<b>Figure 08</b> : Turbidité des jus.....	38
<b>Figure 09</b> : Teneur en protéines des jus étudiés.....	39
<b>Figure 10</b> : Chromatogrammes des sucres dans les deux types du jus.....	41
<b>Figure 11</b> : Teneur en Vitamine C . ....	42
<b>Figure 12</b> : Teneur en polyphénols .....	43
<b>Figure 13</b> : Teneur en caroténoïdes.....	44
<b>Figure 14</b> : Teneur en flavonoids .....	45
<b>Figure 15</b> : activité antioxydante .....	46
<b>Figure 16</b> : évolution du nombre de la flore mésophile aérobie totale FTAM.....	47
<b>Figure 17</b> : Effet de gingembre sure les critères sensoriels de jus de carotte.....	49

## Liste des photos

---

Liste des photos	N° page
<b>Photo 01</b> : La carotte utilisée ( <i>Ducaus carota</i> ).....	20
<b>Photo 02</b> : Densimètre en mesure .....	23
<b>Photo 03</b> : Turbidimètre en mesure .....	24
<b>Photo 04</b> : Viscosimètre en mesure .....	25
<b>Photo 05</b> : Etape de minéralisation.....	25
<b>Photo 06</b> : Etape de distillation.....	26
<b>Photo 07</b> : Etape de titration.....	26
<b>Photo 08</b> : Analyse sensorielle de jus.....	31
<b>Photo 09</b> : Jus de carottes fabriqué.....	32
<b>Photo 10</b> : Mise en évidence de la présence des pectines.....	39

---

## Liste des tableaux

---

Liste des tableaux	N° page
<b>Tableau 01</b> : Composition de jus de carotte .....	04
<b>Tableau 02</b> : Rendement du jus.....	32
<b>Tableau 03</b> : Teneurs en eau, matière sèche et organique. ....	32
<b>Tableau 04</b> : pH, acidité et le Brix des jus .....	34
<b>Tableau 05</b> : propriétés physiques des jus .....	36
<b>Tableau 06</b> : Teneur en cuivre et en zinc .....	40
<b>Tableau 07</b> : Teneur en glucose, saccharose et fructose .....	41

# *Introduction*

## Introduction

La consommation des fruits et légumes est un facteur clé pour une alimentation équilibrée. L'apport en fruits et légumes varie selon les pays (Lobstein 2004), mais selon les résultats compilés de l'EFSA (2008), la consommation moyenne dans certains pays industrialisés est de 386 g par jour. Cette valeur est inférieure à 400 g par jour de fruits et légumes, à l'exclusion des pommes de terre et autres tubercules féculents, recommandés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2008).

Le jus de carotte est hautement commercialisable en raison de sa valeur nutritive (Kim, Park, Cho, & Park, 2001). Il a un pH de 6.0 à 6.5, qui le rend sujet à une détérioration microbienne (Patterson et al. 2012) et conduit à une courte durée de conservation de 1 à 2 jours (Zhang et al. 2016). Pour surmonter cette difficulté, l'industrie alimentaire prépare le jus de carottes en mélange avec d'autres fruits, comme le jus d'orange ou des épices comme le gingembre, pour stabiliser le produit en diminuant le pH. Bien que de tels processus ou une combinaison de processus garantissent la sécurité alimentaire, dans la plupart des cas, ils ont un effet variable sur la valeur nutritive (Torregrosa et al. 2006). et les attributs sensoriels, tels que la couleur, le goût, la saveur et texture (Abdel-Naeemet Mohamed 2016). Grâce à ses propriétés d'antiémétique, antioxydante stimulant du système digestif, ainsi qu'à son goût caractéristique, le gingembre est ajouté comme additif dans plusieurs jus et tisanes.

Les jus sont en général auréolés d'un aspect santé, en particulier du fait de leur teneur en vitamines. D'ailleurs pour certains parents, c'est une façon de parvenir à faire consommer des fruits à leurs enfants. Pourtant, on a tendance à oublier que ces boissons sont sucrées.

Le jus de carotte est un jus de légume, simplement composé du jus extrait des carottes et de jus de citron. Composée à 90 % d'eau et étant naturellement sucrée, la carotte en jus est peu calorique et ne nécessite aucun ajout de sucre à la préparation. Pas étonnant donc que le jus de carotte soit le plus souvent présenté comme une boisson diététique (Shivhare *et al.* 2009).

Les jus en Algérie sont très riches en sucre d'après la forem (Fondation nationale pour la promotion de la santé et le développement de la recherche). On commence à noter du diabète de type II chez des jeunes de 15 ans-16 ans. Dès l'âge de 8 ans, ces jeunes ont surconsommé des boissons gazeuses très riches en sucre. Ces boissons sont doublement concentrées en sucre par rapport à celles qui sont commercialisées en Europe et aux États-Unis. Le ministère du Commerce s'attèle à préparer deux décrets exécutifs portant sur la limitation du taux de sucre dans les boissons gazeuses et jus.

A la lumière de ces propos, nous avons envisagé de réaliser notre projet de fin d'études avec l'objectif de fabriquer et déterminer les caractéristiques d'un jus de carottes sans sucre ajouté. Un jus qui sera supplémenté en gingembre, ce qui pourra améliorer son goût, mais également profiter des bienfaits de cette épice tropicale.

Notre travail est structuré en trois parties dont la première est une revue bibliographique. Englobalement la présentation de la technologie de jus de carottes avec des généralités sur le gingembre et La seconde partie rapporte la méthodologie du travail et les différentes analyses qu'on a faits et la troisième partie expose nos résultats et discussions.



*Chapitre 1*

*Synthèse*

*Bibliographique*

## **I. Synthèse bibliographique**

### **I.1. Généralités sur les jus**

Les légumes sont généralement des bonnes sources des vitamines, en particulier les vitamines A et C et des minéraux, en particulier le magnésium, le calcium et le fer. Les jus extraits des légumes frais et crus constituent un bon moyen de fournir à toutes les cellules et à tous les tissus du corps, les nutriments et leurs enzymes, dont ils ont fondamentalement besoin (Walker et Gassie 1999).

Les fruits et légumes entiers sont constitués des quantités considérables des fibres. Mais ce sont les interstices de ces fibres qui renferment les nutriments essentiels, atomes et molécules dont nous avons besoin. Ce sont ces atomes et ces molécules et leurs enzymes respectives présentes dans les jus frais et crus qui aident à l'assimilation rapide de la nourriture par les cellules, tissus, organes, glandes et toute autre partie du corps (Walker et Gassie 1999).

L'aliment solide en revanche exige des heures d'activité digestive avant que ses éléments nutritifs parviennent aux cellules et aux tissus qui en ont besoin. Dépourvues de valeur nutritionnelle, les fibres agissent néanmoins comme un balai intestinal au cours des mouvements péristaltiques intestinaux, de là la nécessité de manger également des aliments crus en compléments des jus. L'extraction du jus et l'élimination des fibres permet à l'aliment liquide d'être digéré et assimilé très rapidement, en l'espace de quelques minutes parfois, avec un minimum d'effort et de fatigue pour le système digestif (Walker et Gassie 1999).

#### **- Jus de légumes**

Le jus de légumes est le produit liquide non fermenté mais fermentescible ou le produit ayant subi une fermentation lactique destiné à la consommation directe, obtenu au moyen de la partie comestible d'un ou de plusieurs légumes sains et conservé exclusivement par des procédés physiques. Il faut éliminer les peaux, les graines et les autres parties plus grossières des légumes. Le jus peut être clair, trouble ou pulpeux. Il peut avoir été concentré et ultérieurement reconstitué avec de l'eau convenant pour conserver les facteurs essentiels de composition et de qualité du jus (Codex Alimentarius).

Les jus de fruits et de légumes sont devenus importants ces dernières années en raison de l'augmentation générale de la consommation de jus naturel comme alternative aux boissons gazeuses, boissons au thé et au café (Haq et Prasad 2015).

Il est difficile de conserver les jus de légumes en raison de la faible acidité et de la concentration élevée de bactéries dégradantes et sporulées. Par conséquent, le jus de légumes pourrait être produit soit fermenté ou acidifié avec de l'acide citrique (Adubofuor *et al.* 2016).

Le mélange des jus est l'une des meilleures méthodes pour améliorer la qualité nutritionnelle du jus, il peut améliorer la teneur en vitamines et minéraux selon le type et la qualité des fruits et légumes utilisés. Outre l'amélioration de la qualité nutritionnelle, le jus mélangé peut être amélioré dans ses caractéristiques sensorielles et aromatiques selon ses matières premières (Hashem *et al.* 2014).

## I.2. Jus de carottes

Le jus de carotte est l'un des jus de légumes les plus populaires consommés à travers le monde (Zhang *et al.* 2016), à condition qu'il soit extrait correctement à partir des carottes fraîches, propres et de bonne qualité. Le jus de carottes est particulièrement riche en composants bioactifs tels que les caroténoïdes, les vitamines et les composés phénoliques. Les scientifiques américains estiment que ce jus contient la plus grande source de vitamine A que tout autre jus de fruit (Vora *et al.* 1999, Sharma *et al.* 2012).

Le jus de carotte est également une source importante des fibres alimentaires. Il présente aussi une bonne teneur en calcium, magnésium et fer, ainsi que le phosphore, soufre, silicium et le chlore et particulièrement riche en éléments alcalins organiques tels que le sodium et le potassium (**Tableau 02**)(Shivhare *et al.* 2009, Sharma *et al.* 2012).

### I.2.1. Composition de jus de carotte

**Tableau 01** : Composition de jus de carotte (Olalude *et al.* 2015)

Constituants	Valeur %
Energies	40%
Eau	91%
minéraux	1.67%
Fibres végétales	1.33%
Acides organiques	0.26%
Cholesterol	00%
<b>Principes énergétiques</b>	
Protides	1.06%
Lipides	0.26%
Glucides	6.10%
- Fructose	1%
- Glucose	1%
- Saccharose	3.6%

Au cours des dernières années, une augmentation constante de la consommation de jus de carottes a été signalée dans de nombreux pays (Haq et Prasad 2015). Le jus de carotte se mélange pratiquement avec tous les autres jus et un grand nombre de personnes souffrant de diverses affections ont découvert que l'inclusion du jus de carottes dans leur régime alimentaire a considérablement amélioré leur santé (Adubofuor *et al.* 2016).

Cependant, le jus de carottes frais non-traité a une faible valeur marchande en raison de sa courte durée de vie et son pH proche de la neutralité qui favorise la croissance des microorganismes (Zhang *et al.* 2016, Zhu *et al.* 2017).

**Tableau 01 suite** : Composition en minéraux et vitamines du jus de (Sharma *et al.* 2012)

<b>Eléments minéraux :</b>	<b>Valeurs</b>
sodium	51mg//100g
potassium	255mg//100g
fer	0.2 mg /100g
magnésium	9 mg/100g
calcium	55 mg/100 g
zinc	0.1mg/100g
cuivre	0.1mg/100g
<b>Vitamines hydrosolubles</b>	<b>Valeurs</b>
acide ascorbique(C)	16.66 mg /100g
thiamine (B1)	0.057 mg//100g
riboflavine (B2)	0.100 mg/100g
<b>Vitamine liposoluble</b>	
carotène (provit.A)	2805 mg/100g
β-carotène	2730

### **I.2.2. Bienfaits du jus de carottes**

Comme adjuvant de résorption des ulcères et cancers, le jus de carotte cru "Jus miracle". Est très certainement l'un des aliments intéressants de notre époque.

La recherche actuelle indique en effet que boire du jus de carottes présente des bienfaits pour la santé du cœur. La carotte diminuerait le processus oxydatif ainsi que les facteurs de risques cardiovasculaires (da Silva Dias 2014). Le jus de carotte aide l'organisme à résister aux infections, son action se conjuguant à celle des glandes surrénales. Il contribue à la prévention des

ophtalmies, des laryngites, des amygdalites, des sinusites, et de toutes les infections des organes respiratoires (Walker et Gassie 1999).

La cataracte est une opacité du cristallin ou de sa membrane entraînant une diminution de la vision et peut même conduire à une cécité, un régime riche en caroténoïdes particulièrement en lutéine et zéaxanthine apparaît avoir un effet bénéfique dans la réduction de 22 % du risque de la cataracte (Brown *et al.* 1999).

Le jus de carotte présente une combinaison d'éléments nutritifs pour la totalité de l'organisme, dont il aide à régulariser le poids et l'équilibre chimique. Il est particulièrement nourrissant pour le système oculaire, comme le démontre le cas de ces nombreux jeunes gens refusés en premier lieu aux tests d'admission dans des écoles de pilotes pour des défauts de vision, et qui quelques semaines plus tard, avoir fait une cure de jus de carotte ont pu être intégrés avec un bilan de vision parfait (Walker et Gassie 1999, da Silva Dias 2014).

Les problèmes de peau sèche, dermatite, et autres taches cutanées sont dues à des carences en éléments nutritifs que contient le jus de carotte. Ceci est également le facteur de troubles oculaires tels qu'ophtalmies, conjonctivites, etc. Boire du jus de carotte améliore la qualité du lait maternel. Il contribue à limiter le risque de fièvre puerpérale après l'accouchement. Il contient aussi de l'acide folique. Le bêta-carotène va aider le futur bébé à protéger son développement cellulaire (Walker et Gassie 1999).

Le jus de carotte augmente de 10 % le volume de l'urine et facilite l'élimination de l'acide urique dans le sang. Il soulage les douleurs dues au calcul biliaire. Il aide à nettoyer le sang et à diminuer l'acidité. Il est utile contre les ulcères de l'estomac. Les minéraux contenus dans le jus de carotte (potassium, calcium, magnésium, phosphore, zinc, sodium, manganèse, fer, cuivre, sélénium, etc.) sont facilement absorbés dans le sang, ce n'est pas le cas de tous les légumes. C'est un bon remède contre la gastrite (da Silva Dias 2014).

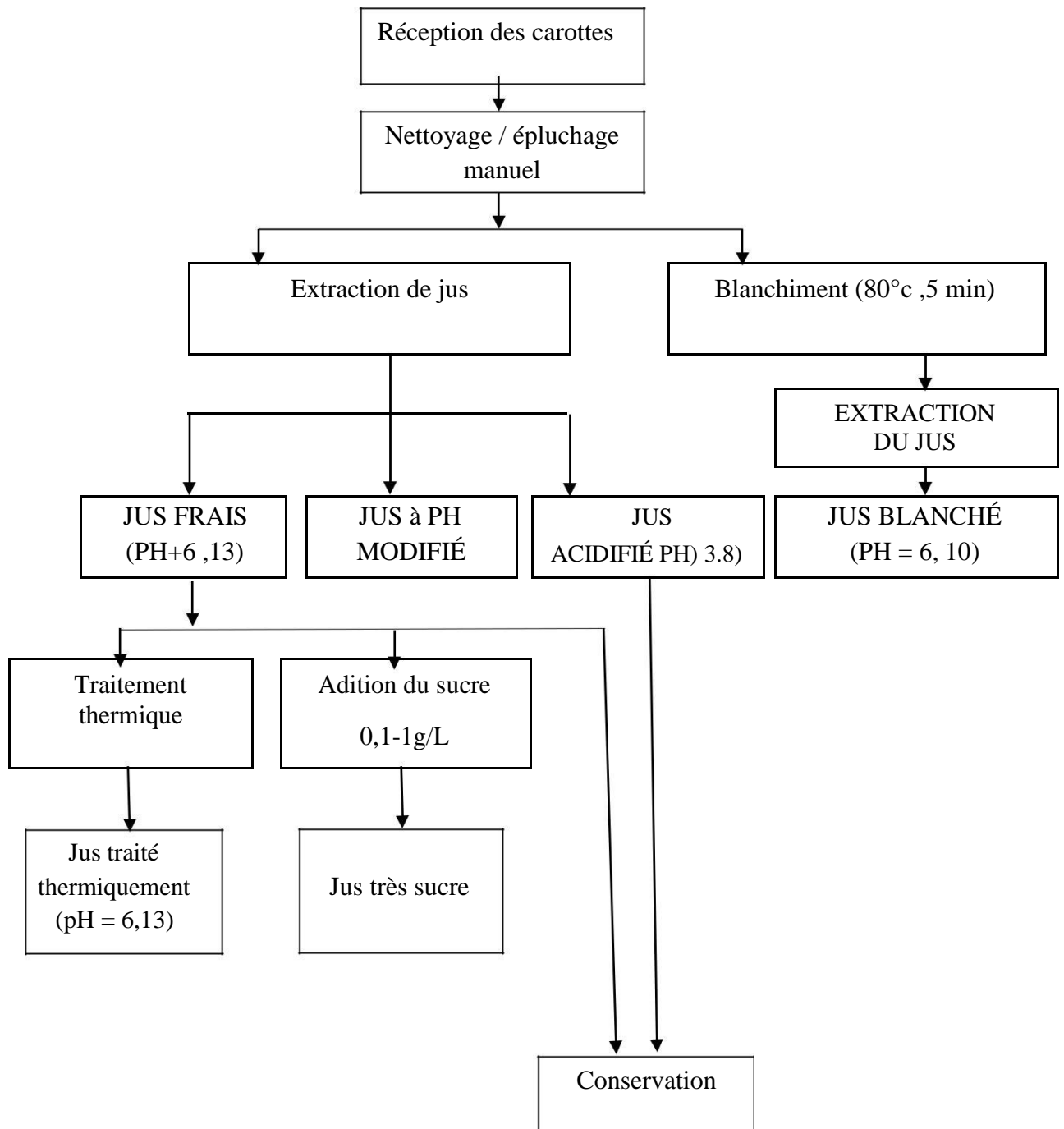
### **I.2.3. Technologie de fabrication jus de carotte**

La fabrication de jus de carottes à des fins commerciales implique la stérilisation thermique, le blanchiment et l'abaissement de son pH, car son pH naturel est d'environ 6,0, ce qui expose le produit à un risque élevé de contamination bactérienne (Zhang *et al.* 2016).

#### **I.2.3.1 Blanchiment**

Les produits frais se détériorent et se décomposent après récolte sous l'action des enzymes qui sont des substances chimiques complexes présentes en très petite quantité dans tous les organismes vivants. Toutes les activités vitales sont placées sous leur dépendance, elles continuent à agir après la récolte, provoquant la décomposition naturelle des produits frais.

Elles doivent être détruites si l'on veut pouvoir entreposer les produits transformés (Medjoudj et Zidoune 2008).



**Figure 01** : Diagramme de fabrication des différents jus de carottes (Aguiló-Aguayo *et al.* 2014)

### - **Principe et objectif**

Le blanchiment est une opération thermique importante destinée à stabiliser les légumes et les fruits avant de leur traitement comme la congélation, l'extraction de jus, la déshydratation, et la conservation. (Shivhare *et al.* 2009), les légumes sont menés à haute température (environ 100°C) pendant des secondes ou des minutes, puis en les refroidissant rapidement pour éviter une cuisson trop importante (Tirilly et Bourgeois 1999).

Le blanchiment des légumes et des fruits est une opération assez simple, se fait soit dans de l'eau chaude (la méthode usuelle) et peut être amélioré en immergeant ces derniers dans une solution salée comme (chlorure de calcium), dans une solution acide (acide citrique), bouillant, au contact de la vapeur, ou en les introduisant dans la micro-onde (Shivhare *et al.* 2009).

Le rôle du blanchiment qui constitue un prétraitement avant la transformation des légumes et fruits, est multiple :

- Le blanchiment a pour but essentiel d'inactiver les enzymes endogènes du végétal, inactivation qui est en règle générale vérifiée par l'inactivation de la peroxydase. Il évite ainsi le développement de faux goûts et l'altération de la couleur et la modification de la structure ou de la couleur (Shivhare *et al.* 2009).
- Le blanchiment Compléter les opérations de lavage à froid, Réduire le temps de pasteurisation, réduire la charge microbienne et améliorer la qualité du produit et la durée de conservation (James 2003).
- Le blanchiment peut aussi être optimisé pour ramollir et assouplir la texture, faciliter les opérations et les manipulations ultérieures (Mafart 1991).
- Le blanchiment permettant aussi de faciliter l'emboitage ou de diminuer le volume désaération du produit. conserve également la couleur et facilite l'extraction du jus. (Vora *et al.* 1999).

### - **Blanchiment de la carotte**

Les peroxydases (POD) et la catalase sont des enzymes responsables de dégradations et des altérations de la qualité des carottes, afin de minimiser ces pertes, les carottes sont traitées thermiquement ou blanchies pour inactiver ces enzymes. L'inactivation de POD est habituellement utilisée pour indiquer la suffisance de blanchiment car le POD est omniprésent et considéré comme l'une des enzymes constitutives de plantes les plus résistantes à la chaleur (Shivhare *et al.* 2009).

Les carottes comme la plupart des autres légumes et fruits sont transformées industriellement par diverses opérations de traitement, comme mentionné précédemment, pour produire du jus, la congélation, l'extraction de jus, la déshydratation, et la conservation, Dans chacune de ces opérations de transformation des aliments, une variété d'équipements et de technologies différents sont

disponibles pour obtenir une meilleure qualité des produits finaux d'une manière plus économique. (Shivhare *et al.* 2009, Sharma *et al.* 2012).

Le blanchiment avec une solution acide est utilisé pour empêcher la coagulation des protéines dans le jus de carottes et constitue une étape importante pour le traitement et la production des jus (Vora 2001, Shivhare *et al.* 2009).

### **I.2.3.2. Cuisson à la vapeur**

La cuisson à la vapeur est une sorte de blanchiment (Guillén *et al.* 2017), qui met l'aliment en contact direct avec la chaleur en supprimant le phénomène d'osmose. L'eau devenant vapeur à la température 100°C. La vapeur permet également une cuisson homogène et conserve les qualités des aliments cuits (Turkmen *et al.* 2005).

La cuisson à la vapeur d'eau s'effectue à l'aide d'un couscoussière. Cette cuisson conserve la saveur des aliments et leur valeur nutritionnelle. Elle est en revanche plus longue que la cuisson à l'eau. Elle est très intéressante pour les légumes frais, les tubercules (carotte), le riz et les céréales (Cuq *et* Guilbert 1992).

L'évaluation de la teneur en polyphénols, caroténoïdes, vitamine C et les protéines solubles dans les tissus végétaux indique qu'il y'a un impact positif dans la cuisson par la vapeur et un impact négatif dans la cuisson dans l'eau (Hashem *et al.* 2014, Haq *et* Prasad 2015).

## **I.2.4 Procédés de conservation du jus de carotte**

### **I.2.4.1. Traitement thermique**

Le traitement thermique est aujourd'hui la technique de décontamination la plus communément utilisée en industrie agroalimentaire (Farkas 1998). En termes de sécurité alimentaire, il a pour objectif de détruire ou d'inhiber totalement, d'une part les enzymes, et d'autre part les microorganismes et leurs toxines, dont la présence ou la prolifération pourrait altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à l'alimentation humaine (Cuq 2007).

#### **- Pasteurisation**

La pasteurisation est un traitement thermique relativement doux utilisé pour éliminer les microorganismes pathogènes et la plupart des micro-organismes végétatifs dans le but d'augmenter la durée de conservation des produits alimentaires.

Pour les produits acides et très acides comme les jus de fruits par exemple, la pasteurisation sert à obtenir une durée de conservation de quelques mois par la destruction des micro-organismes d'altération (levures et moisissures) et/ou par l'inactivation des enzymes. La pasteurisation appliquée est une pasteurisation après conditionnement. Le jus est introduit froid dans le contenant par exemple,



des bocaux en verre. Ceux-ci, après fermeture, sont chauffés dans un bain-marie d'eau chaude jusqu'à température voulue à cœur. Les bocaux sont ensuite refroidis sous l'eau froide et conservés à 4°C. La pasteurisation reste néanmoins inefficace pour détruire les spores bactériennes, beaucoup plus résistantes à la chaleur que les cellules végétatives. La technique est spécifique au produit traité, chacun d'eux possédant un barème de pasteurisation. La durée de conservation des aliments pasteurisés est tout de même limitée (Bourguet 2008, Levy 2010).

#### - Réfrigération

La réfrigération consiste à entreposer les aliments à une température basse, proche du point de congélation mais toujours positive par rapport à celui-ci. La réfrigération correspond donc à une conservation par le froid positif pendant une durée limitée puisque les produits réfrigérés bénéficient d'une date limite de consommation (DLC). Généralement la température de réfrigération se situe dans les alentours de 0°C à 4°C (Manu 2016). Plus la température d'entreposage est basse, plus la durée de conservation du produit s'allonge (Mihajlovic *et al.* 2013).

En dehors de la réfrigération, d'autres moyens de conservation peuvent être utilisés parallèlement pour contrer le développement des microorganismes survivants: ajout d'agents chimiques de conservation, emballage sous vide, réduction de l'activité de l'eau (*aw*) (Cuq 2007).

#### I.2.4.2. Acidification

L'acidification est une partie essentielle de la fabrication des boissons. Elle effectue une variété de fonctions en plus de leur propriétés d'apaisement de la soif, qui est le résultat de stimuler le flux de salive dans la bouche. Parce qu'il réduit le pH, l'acidification peut agir comme un conservateur doux. Plus important encore, cependant, la réduction du pH du produit au-dessous de 4,5, et la plupart du temps 4,4, élimine le risque de présence de pathogènes. De plus, en fonctionnant comme agent synergique contre les antioxydants tels que le BHA (hydroxy-anisolebutylé) BHT (hydroxy toluène butylé) et l'acide ascorbique, les acidulents peuvent directement prévenir la décoloration et la rancidité (Gardner 1972).

#### - Acidification citrique

L'acide citrique est l'acide le plus utilisé dans la fabrication des jus. Il a un caractère léger et fruité qui s'harmonise bien avec la plupart des arômes de fruits, qui doit être attendu, car il se produit naturellement dans de nombreux types de fruits. Les citrons non mûrs contiennent 5 à 8% d'acide citrique.

L'acide citrique est un solide cristallin blanc, et il peut être acheté en granulés poudre dans son état anhydre ou comme monohydrate. Les industries des jus actuelles emploient habituellement la forme anhydre, ce qui peut avoir des avantages en termes de coûts par rapport à ce qui était le monohydrate

«traditionnellement» utilisé. L'acide citrique était Produit initialement commercialement à partir de citrons, de limes ou de bergamote en pressant Le fruit, concentrer le jus pressé et précipiter l'acide citrique comme son Sel de calcium, d'où il a été purifié par la suite. Il est maintenant produit par l'action des enzymes sur le glucose et d'autres sucres (Gardner 1972).

## **I.2.5. Les produits actifs dans le jus de carottes**

### **I.2.5.1 Les fibres**

Les fibres alimentaires sont des complexes d'hydrates de carbones, cependant, ils ne contiennent aucune valeur calorique, indigestibles et ne peuvent pas être absorbés par le corps, Les fibres sont classés en fonction de leur solubilité soluble et insoluble, les fibres solubles sont des polysaccharides non cellulosiques tels que la pectine, les gencives et le mucilage. Les fibres solubles sont principalement constituées de composants de la paroi cellulaire, tels que la cellulose, l'hémicellulose.

Une alimentation riche en fibres a un impact significatif sur la santé, y compris la prévention de la constipation, la régulation de la glycémie, la protection contre les maladies cardiaques, la réduction des niveaux élevés et la prévention de certaines formes de cancers. et la lignine (Sharma *et al.* 2012). La carotte, le céleri, la laitue, les asperges et les légumes à feuilles vertes, contiennent plus de fibres par rapport à la plupart des autres légumes. En revanche, Dans les fruits, les pruneaux, les dattes, les raisins secs, Prune, citrus,, abricot et la fraise sont des bonnes sources de fibres (Vora 2001), Les fibres alimentaires ne sont pas seulement souhaitables pour leurs propriétés nutritionnelles, mais aussi pour leurs propriétés fonctionnelles et technologiques et, à cause de cela, elles peuvent être utilisées comme ingrédients alimentaires (Sharma *et al.* 2009, da Silva Dias 2014).

Les carottes sont très riches en fibres alimentaires, leur paroi cellulaire est composée de pectine, cellulose, lignine et Hémicellulose. Ces fibres jouent un rôle important dans la santé humaine, un régime alimentaires riches en fibres alimentaires sont associées à la prévention et la réduction de certaines maladies telles que la la constipation, le colon et la diverticulose, La composition en fibres alimentaires dans la carotte fraîche sur base du poids sec est de : pectine (7,41%), l'hémicellulose (9,14%), la cellulose (80,94%) et la lignine (2,48%) (Sharma *et al.* 2012).

### **I.2.5.2. Les antioxydants**

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité de résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont le  $\beta$ -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E) ainsi que les composés phénoliques. En effet, la plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie, à la capacité de ces composés naturels à

piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (OH•) et super oxydes (O<sub>2</sub>•) (Popovici *et al.* 2010).

#### **I.2.5.2.1. La vitamine C**

La vitamine c est un constituant alimentaire essentiel, qui ne peut pas être synthétisée dans le Corps humain, Également connu sous le nom de l'acide ascorbique , Une manque en vitamine C est responsable de la maladie connue sous le nom de scorbut qui se caractérise par des nombreuses hémorragies symptômes comprennent les gencives et la peau, le relâchement des dents, épuisement et douleurs articulaires (Iqbal Hussain 2016).

La vitamine C'est un antioxydant puissant qui est très essentiel pour la nutrition humaine et le bon fonctionnement du corps, Peut être totalement détruite Lorsqu'il est exposé à une température élevée. La vitamine C réagit et s'oxyde en présence de la lumière du soleil et de l'oxygène dans l'air (Eric 2011).

Les Agrumes, groseilles noires, raisins, mangue et les tomates sont particulièrement des bonnes sources de vitamine C , En plus des valeurs de la vitamine C (mg / 100 g) de divers légumes ont été rapportés, y compris Brocoli (97-110), chou (15-100) Choux de Bruxelles (80-100) persil (150), chou-fleur (38-74), concombre (13-15), laitue (2-7), pomme de terre (7- 19), tomate (9-22) (Vora *et al.* 1999).

##### **- Effet de la vitamine C**

La vitamine C est une vitamine hydrosoluble importante pour le corps humain, parce qu'elle est nécessaire dans la production du collagène pour faire le tissu conjonctif. Défense contre les infections bactériennes et virales, aide à absorber le fer dans le système digestif, guérir les blessures, neutraliser les radicaux libres , lutter contre les infections et aide la formation des globules rouges (Eric 2011).

##### **- La vitamine C dans la carotte**

Les carottes sont des sources relativement pauvres en vitamine C, La teneur en vitamine C des carotte varie entre les variétés avec des valeurs rapportées entre 3.0-7.0 mg/100g.

Les valeurs de RDA de vitamine C pour nourrissons et les adultes sont respectivement de 25 et 40 mg / 100g, la consommation de 100 grammes de carotte satisfait moins de 10% de la RDI quotidiens en vitamine C. Le jus de carottes a été démontré qu'il possède une teneur élevée en vitamine C (Vora 2001).

#### **I.2.5.2.2. Les caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles, sont responsables des couleurs rouges, verts, jaunes et oranges des nombreux fruits et légumes , ayant des propriétés antioxydants y compris d'autres activités(Murkovic *et al.* 2002), largement distribués dans la nature, présentant une diversité

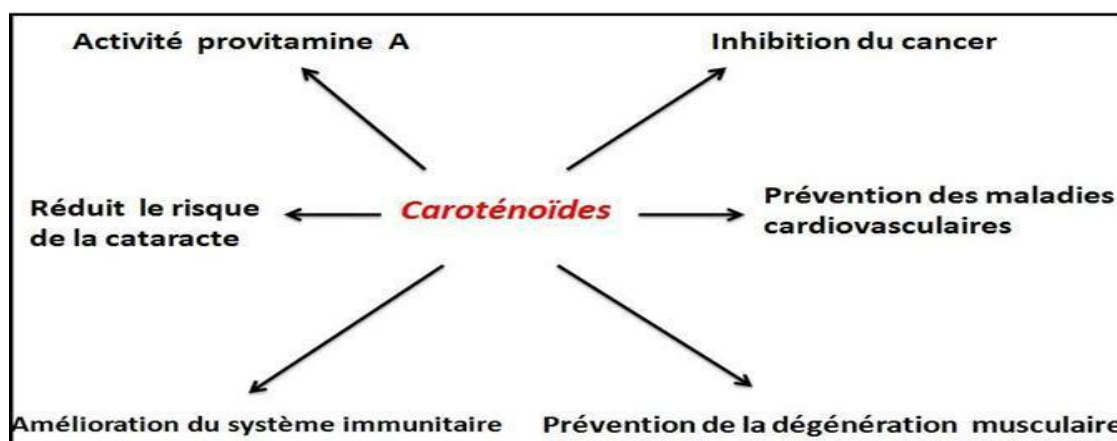
structurale et de nombreuses fonctions importantes pour la santé humaine (Sharma *et al.* 2012, Zhang *et al.* 2016).

Il existe au moins 563 composés caroténoïdes différents identifiés. Parmi ceux-ci, il y a 6 caroténoïdes majeurs:  $\alpha$ -carotène,  $\beta$ -carotène, lutéine (Xanthophylles), zéaxanthine, xanthophylles, lycopène (carotènes) et  $\beta$ -cryptoxanthine (Sharma *et al.* 2012).

La carotte est une bonne source de caroténoïdes en particulier:  $\beta$ -carotène (8 mg / 100 g, qui représente 50 à 60% de la teneur totale en carotène),  $\alpha$ -carotène (3,5 mg / 100 g représentant 20% de la teneur totale en carotène) (Janiszewska-Turak *et al.* 2017).

#### - Effet des caroténoïdes

Les caroténoïdes (figure 02) ont été liés à l'amélioration du système immunitaire et à la diminution du risque de maladies dégénératives telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, inhibiteur potentiel de la maladie d'Alzheimer, la dégénérescence musculaire liée à l'âge et la formation de la cataracte. Les rôles et principales actions attribuables aux caroténoïdes sont résumés dans la figure suivante :



**Figure 02** : effet des caroténoïdes sur la santé (Sharma *et al.* 2012).

#### I.2.5.2.3. Polyphénols

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux. Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes. Ces composés ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Macheix *et al.* 2005).

Les composés phénoliques n'ont aucune fonction nutritionnelle connue, ils peuvent être importants pour la santé humaine en raison de leur activité antioxydante. Ces dernières années, la recherche scientifique a confirmé le rôle des polyphénols dans la prévention des maladies dégénératives. En

particulier les cancers, les maladies cardiovasculaires et les maladies neuro-dégénératives (Tsao 2010).

#### - Les polyphénols dans la carotte

Les phénoliques dans les carottes sont présentes tout au long de la racine mais sont fortement concentrés dans les tissus du périoderme, il existe deux grandes classes des composés phénoliques majeurs qui sont les acides hydroxycinnamiques et les acides para- hydroxybenzoïque. Zhang et Hamauzee ont étudié les composés phénoliques, leurs propriétés antioxydantes et leur distribution dans la carotte et ont constaté qu'elle contenait principalement des acides hydroxycinnamiques et ses dérivés. Parmi eux, l'acide chlorogénique était l'acide hydroxycinnamique majeur Représentant 42,2-61,8% des composés phénoliques totaux détectés dans les différents tissus dans la carotte.

Le contenu phénolique dans les différents tissus a diminué dans l'ordre suivant périoderme > phloème > xylème. Bien que les épluchures des carottes ne représentent que 11% de la quantité de carottes fraîches, Il pourrait fournir 54,1% de la quantité de phénolique totale, tandis que le tissu phloème fournit 39,5%, Et le tissu du xylème ne fournit que 6,4%. Ont signalé que la teneur en composés phénoliques totaux en carotte est  $26,6 \pm 1,70 \mu\text{g/g}$  et de  $772 \pm 119 \text{ mg/l}$  dans le jus de carotte. L'activité antioxydant et anti radicalaire est diminué dans le même ordre que le contenu phénolique. Ces résultats suggèrent que les composés phénoliques pourraient jouer un rôle important dans les propriétés antioxydants Dans les carottes et les autres dérivés (Shivhare *et al.* 2009, Sharma *et al.* 2012, Martínez-Flores *et al.* 2015).

#### I.2.5.2.4. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques d'origine végétale. Selon la structure chimique, plus de 4000 flavonoïdes ont été identifiés (Pham-Huy *et al.* 2008). Ils sont doués de grandes capacités antioxydantes (Miller 1996). Ils jouent un rôle protecteur dans beaucoup de pathologies chroniques et dégénératives tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires, l'arthrite, le vieillissement, la cataracte, la perte de la mémoire, l'inflammation, et l'infection(Pham-Huy *et al.* 2008).

Les flavonoïdes présents dans la carotte sont les flavonols (quercétine, kaempférol, rutine ou quercétine 3-rutinoside) et les flavones (apigénine, lutéoline) (Poulin *et al.*, 1993) (Poulin *et al.* 1993), la Carotte comme les autres légumes ne sont pas une bonne source de flavonoïdes ( $\geq 1 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ ) Par rapport aux d'autres sources de fruits (Marinova *et al.* 2005).

### I.3. Gingembre

#### I.3.1. Description botanique

Le gingembre est une plante tropicale herbacée vivace poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de 1,50 m en moyenne, mais pouvant atteindre 3 m de haut (figure 03a).

La partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules globuleux ramifiés. La peau du rhizome est beige pâle et sa chair est jaune pâle juteuse. La cassure est fibreuse et granuleuse, l'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante (figure 03b).

Les feuilles sont persistantes, lancéolées et pointues pouvant atteindre une vingtaine de centimètres (Bruneton 1999, Faivre *et al.* 2006, Seaforth *et al.* 2008).



**Figure 03. a :** *Zingiber officinale* (Roscoe) ; **b :** Rhizome du gingembre (Ravindran et Babu 2016)

#### I.3.2. Caractéristiques organoleptiques

L'huile essentielle et l'oléorésine sont les deux produits responsables de la saveur et de l'aigreur caractéristiques du gingembre (Khodaie et Sadeghpour 2015).

À partir du rhizome du gingembre sont extraites une oléorésine (6 %) et une huile essentielle (1-3 %). L'oléorésine contient les composés chimiques à l'origine de la saveur piquante, tels que le gingérol (Pellerin 1994). L'huile essentielle de gingembre est principalement constituée de zingiberène (28,05%), d' $\alpha$ -curcumène (14,06%), de  $\beta$ -bisabolène (13,15%), d' $\alpha$ -sesquiphellandrène (12,91%), de sabinène (9,32%) et de camphène (4,06%) (Rashidian *et al.* 2014).

La composition de l'huile essentielle varie beaucoup suivant l'origine géographique mais on retrouve des composés odorants comme le zingiberène, le curcumène, le camphène, le bisabolène, le citral et le linalol. Ces deux extraits sont destinés à l'aromatisation des aliments, tandis que seule l'huile

essentielle est utilisée dans la parfumerie. L'huile essentielle de gingembre est notamment réputée pour ses vertus digestives. Elle est supposée « stimuler et accélérer le passage du bol alimentaire. (Khodaie et Sadeghpour 2015).

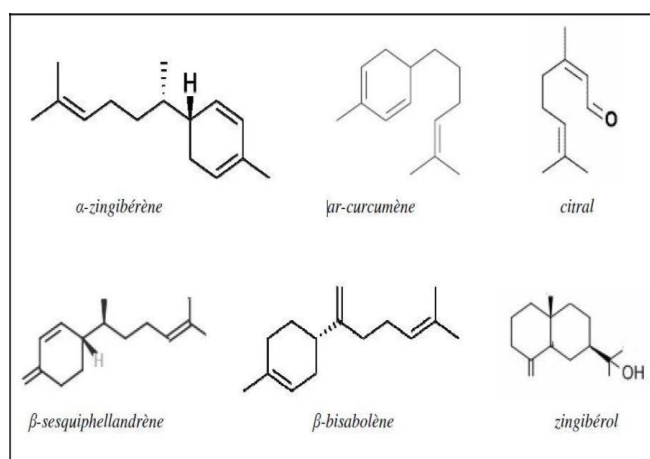
### I.3.3. Composition chimique

Le rhizome très riche en amidon (60%), renferme des protéines (2,3 %), des lipides ou glycolipides (10%), des glucides (12,3 %), des fibres (2,4 %), 1,2 % de minéraux (calcium et phosphore), de 10 à 25 ml/kg d'huiles essentielles et une oléorisine (5 à 8 %). Le gingembre contient également des vitamines (vitamine C, riboflavine, thiamine et niacine)(Chen *et al.* 2013) annexe 01.

### I.3.4. Principaux constituant

Les constituants du gingembre sont nombreux et varient selon l'origine de la plante, de son état fraîche ou séchée et les méthodes d'extraction. Seulement il est réputé de renfermer une grande quantité d'amidon qui est au environ de 45%, et parfois plus (Braga *et al.* 2006).

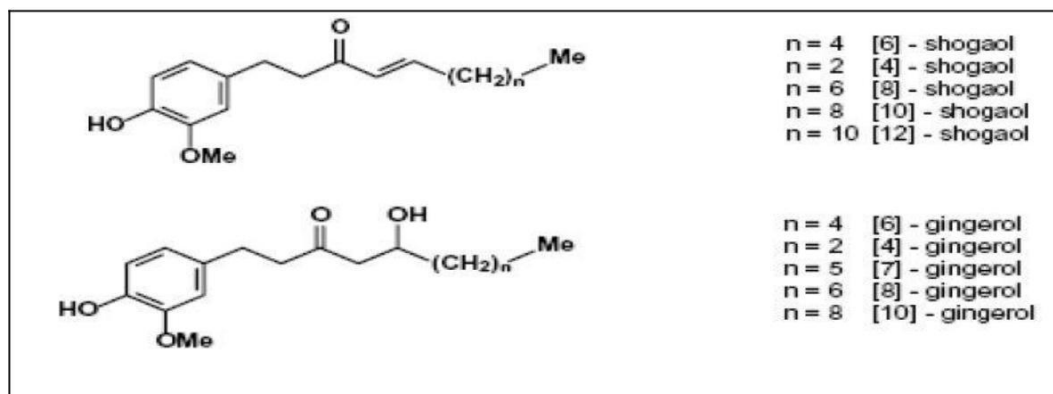
L'odeur du gingembre est due à l'existence des huiles volatiles (figure 04), sa teneur varie entre 1% et 3%. Plus de 50 composés ont été caractérisés : des monoterpènes (béta-phellandrène, camphène, cinéole, géraniol, curcumène, citral, terpinéol, bornéol) et des sesquiterpènes (alpha-zingibérène (30-70%), béta-sesquiphellandrène (15-20%), béta-bisabolène (10- 15%), alpha-farnésène, ar-curcumène, zingibérol). Certains constituants de l'huile sont convertis en composés à faible odeur avec le séchage (Martins *et al.* 2001, Ali *et al.* 2008).



**Figure 04.** Quelques structures de l'huile essentielle du gingembre (Martins *et al.*, 2001; Ali *et al.*, 2008).

Le goût piquant du gingembre frais est dû principalement aux gingérols (figure 04) qui sont des séries d'homologues des phénols. Le plus abondant est le [6]-gingérol, mais il y a aussi de petites quantités d'autres gingérols avec différentes longueurs de chaîne. Alors que le goût piquant du gingembre sec

est dû aux shogaols (figure 05), qui sont les composés déshydratés des gingérols. Les shogaols sont formés durant le traitement thermique de la plante. La formation de ces composés dépend du pH (avec une grande stabilité à pH 4), cependant à 100°C et à pH 1 la dégradation réversible est relativement rapide (Ali *et al.* 2008, Dugasani *et al.* 2010, Ha *et al.* 2012).



**Figure 05 :** Les composés responsables du goût du gingembre (Pancharoen *et al.*, 2000; Ma *et al.* 2004).

D'autres molécules caractéristiques de la famille des *Zingiberaceae*, les diarylheptanoïdes (Figure 16 et 17) ont été isolés des extraits du gingembre (Pancharoen *et al.* 2000, Ma *et al.* 2004), certains d'entre eux ont fait l'objet d'études pharmacologiques (Kiuchi *et al.* 1992, Zhou *et al.* 2007, Ali *et al.* 2008). Le gingembre contient également quelques flavonoïdes et acides phénoliques mais à faibles proportions comme la quercétine, la rutine, fisetine, morine, acide gallique, acide ferulique, acide vanillique (Ghasemzadeh *et al.* 2010).

### I.3.5. Préparation et consommation

Le gingembre frais est utilisé dans l'industrie agroalimentaire, la boulangerie ; notamment dans le pain d'épices et les biscuits, les confitures et les mélanges d'épices. Il est également un ingrédient dans certaines poudres de curry, marinades, sauces, chutneys et sirops. Le gingembre séché est largement utilisé pour les sauces et les soupes dans la cuisine asiatique. Les Chinois utilisent le gingembre frais, mariné et épicé, pour les saveurs sucrées, les soupes et les légumes. Le gingembre frais est indispensable à la cuisine asiatique et orientale, il est idéal pour les viandes, les poissons, le poulet, les compotes de fruits et les salades vertes. En Angleterre, il est utilisé en grandes quantités dans la production de soda au gingembre. Les Européens et les Nord-Américains préfèrent toujours les formes séchées, cristallisées, ou en conserve (Charles 2012).



### **I.3.6. Propriétés pharmacologiques**

Le gingembre joue depuis longtemps un rôle éminent dans la médecine populaire et est utilisé pour le traitement de plusieurs maladies.

#### **I.3.6.1. Effets antioxydants**

- Les principales substances antioxydantes du gingembre sont : les gingérols, les shogaols et quelques dérivés cétones phénoliques.
- Le gingembre est un puissant antioxydant par son effet scavenger sur l'anion superoxyde et des radicaux hydroxyles (Zancan *et al.* 2002, Adhikari *et al.* 2007).

#### **I.3.6.2. Nausées et vomissements**

- Plusieurs études ont évalué l'effet antiémétique attribué au gingembre ; deux études révèlent que la consommation de 0,5 g à 1,5 g de gingembre en poudre (sous forme de capsules) pourrait être efficace pour traiter les nausées et les vomissements durant la grossesse (Chrubasik *et al.* 2005).
- Une synthèse de recherches médicales confirme l'efficacité du gingembre dans le soulagement de la nausée post-opératoire (Ernst et Pittler 2000).

#### **I.3.6.3. Digestion**

Des études réalisées sur l'animal, démontrent que le gingembre (comme d'autres épices) pourrait stimuler la sécrétion de la bile et l'activité de différents enzymes digestifs, résultant en une digestion plus rapide des aliments (Platel et Srinivasan 2004).

#### **I.3.6.4. Inflammation**

Le gingembre a une action anti-inflammatoire (Raji *et al.* 2002, Thomson *et al.* 2002, Penna *et al.* 2003, Ojewole 2006); il inhibe la production de l'IL-12, le TNF- $\alpha$ , l'IL-1 $\beta$  (cytokines proinflammatoires) et RANTES, MCP-1 (chémokines proinflammatoires) chez des macrophages activés par les LPS (Tripathi *et al.* 2008).

#### **I.3.6.5. Autres**

- Le gingembre fait baisser les taux de cholestérol, de triglycérides sanguins, d'acide gras et de phospholipides (Al-Amin *et al.* 2006).
- La consommation du gingembre réduit le cholestérol plasmatique, inhibe l'oxydation des LDL et atténue le développement de l'athérosclérose chez des souris déficientes en apolipoprotéine E (Fuhrman *et al.* 2000).
- Les molécules bioactives du gingembre (gingérol, shogaol et zingérone) augmentent potentiellement la réponse immunitaire cellulaire et humorale en augmentant le ratio des molécules surface CD3+CD4/CD3+CD8 chez des lymphocytes T humains *in vitro* (Tejasari 2007).

- Les extraits méthanoliques du gingembre ont montré une forte activité antimicrobienne contre des bactéries Gram négative et Gram positive (Ushimaru *et al.* 2007).

# *Chapitre 2*

## *Matériel et méthodes*

## II. Matériel et méthode

L'intégralité de ce travail a été réalisée au laboratoire de contrôle de qualité de la Faculté des Sciences de l'Université de Jijel, durant la période Avril –juin de l'année 2017.

### II.1. Matériel végétal

#### - Carottes

La carotte utilisée dans ce travail est de variété Musca d'Alger (*Ducaus carota*), achetée fraîche au marché de Jijel et transportée directement au laboratoire de contrôle de qualité de l'université. Ces carottes ont un poids variant de 75 à 90 g, une longueur de 5-9cm et une épaisseur de 2-3cm cm avec une couleur orange. Elles ont été entreposées à 2-3°C en attendant leur utilisation ultérieure.



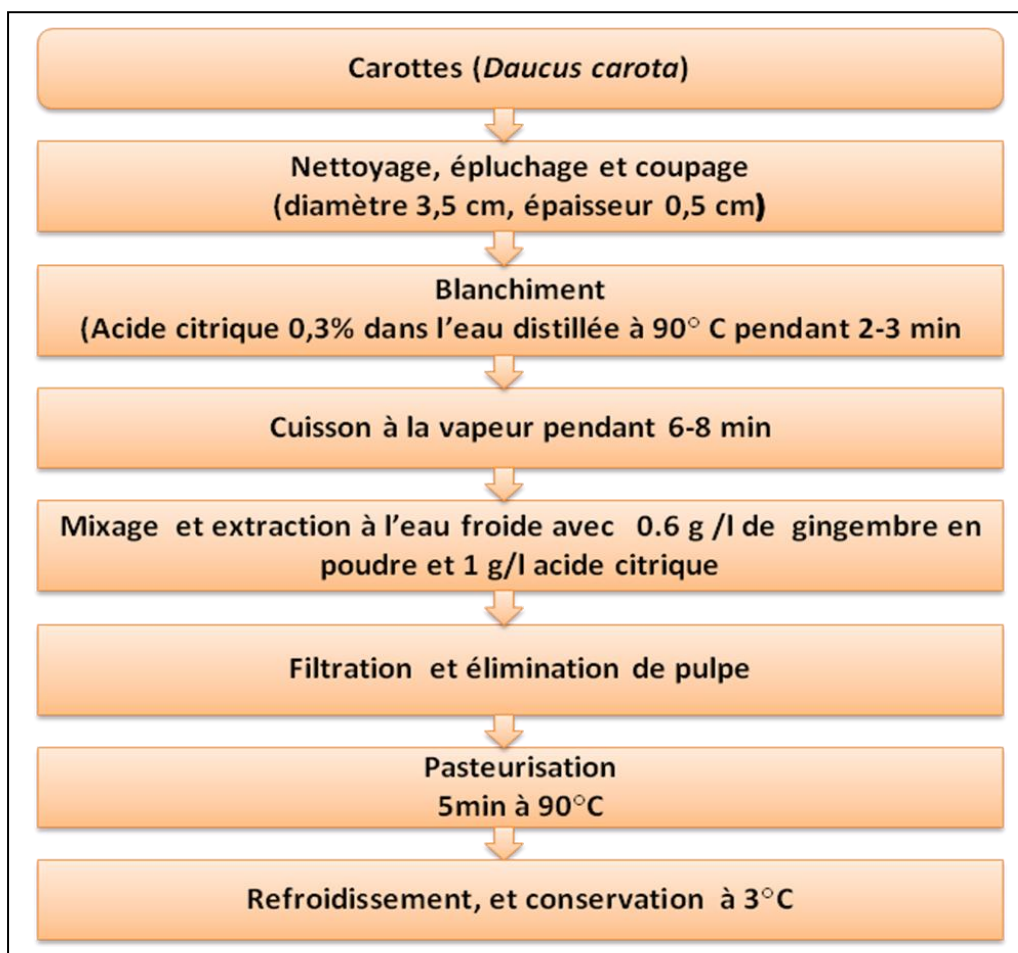
**Photo 01** : carotte utilisée (*Ducaus carota*)

- **Gingembre** (*Zingiber officinale*) : Sous forme de poudre jaunâtre, obtenue par broyage du rhizome séché. La poudre de gingembre est achetée d'un magasin d'épices au niveau de la ville de Jijel.

### II.2. Fabrication du jus

La fabrication de jus de carottes est passée par plusieurs étapes, les carottes sont tout d'abord lavées avec de l'eau distillée puis épluchées et coupés en morceaux d'un diamètre d'environ 3,5 cm et une épaisseur de 0,5 cm (pour augmenter la surface de contact avec l'eau et afin d'extraire le maximum de jus). Puis les pièces des carottes ont été blanchies dans l'eau distillée contenant 3g/l d'acide citrique provenant de laboratoire (PANREAC BARCALONA .MADRID) à 90°C pendant 3 min (Adubofuor *et al.* 2016). Ensuite 200g de carottes découpées est porté à la cuisson par la vapeur dans un cuiseur vapeur (Robolux XJ-92214-I) pendant 6 min dans le but de ramollir les parois (PARK 1987).

A l'aide d'un mixeur (Moulinex multi moulinette, France) les carottes ont été mixées avec 500 ml d'eau minérale naturelle (Bouglez) à froide avec 0,3 g de poudre de gingembre et 0.5g d'acide citrique. Enfin, une étape de filtration dont le but est de séparer la phase liquide (jus) de la phase solide (pulpe) est effectuée par une gaze stérile .Le pH de jus a été ensuite ajusté à 4.5 et le jus est rempli dans des bouteilles stériles en verre. Le jus est pasteurisé au bain marie pendant 5 min à 90°C (Gerhardt Bonn, Memmert, Germany) (Bourguet 2008). Enfin, les flacons sont refroidis sous l'eau froide et conservés à 3°C. Le diagramme de fabrication de jus est présenté dans la figure suivante :



**Figure 06** : Diagramme de fabrication de jus de carottes au gingembre sans sucre ajouté

#### - Détermination du rendement d'extraction de jus

Le rendement en jus est la quantité de jus extraite après pressage par rapport à la masse initiale du produit.(Adjou *et al.* 2013) Il est calculé par la formule suivante :

Avec:

$$R\% = \frac{m_j}{m_i} \times 100$$

- **R** : rendement en jus (%)
- **m<sub>j</sub>** : masse de jus après pressage (g)
- **m<sub>i</sub>** : masse avant pressage (g)

## II.3. Analyses physico-chimiques du jus

### II.3.1. Teneur en humidité

Trois creusets vides sont séchés à l'étuve durant 15 min à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ . 2 g d'échantillon sont pesés dans chacun des creusets, puis placés dans une étuve (Memmert, Germany) réglée à  $70 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 6 heures. Les creusets sont retirés de l'étuve et pesés après refroidissement dans un dessiccateur. L'opération est répétée trois fois (Chemists 1990).

La teneur en eau des échantillons est calculée selon la formule suivante :

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

Avec:

- H (%) : Humidité ;
- M1 : Masse du creuset contenant la matière fraîche avant étuvage (g) ;
- M2 : Masse du creuset contenant la matière fraîche après étuvage (g) ;
- P : Masse de la prise d'essai (g).

### II.3.2. Teneur en matière organique et en cendres

2 g d'échantillon sont pesés dans des creusets et sont ensuite placés dans un four à moufle (termolyne/furnace 6000 china) réglé à  $550^\circ\text{C}$  pendant 5 heures jusqu'à l'obtention des cendres blanchâtres avec un poids constant. Les creusets sont pesés après refroidissement dans un dessiccateur. L'opération est répétée trois fois (Chemists 1990).

La matière organique est calculée selon la formule suivante :

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

Avec :

**MO** : Matière organique (%) ;

- **M1** : Masse du creuset contenant la prise d'essai(g).
- **M2** : Masse du creuset et des cendres (g).
- **P** : Poids de la prise d'essai(g).

La teneur en cendres est calculée comme suit : **Cendre (%) = 100 – MO %**

### II.3.3. Mesure du pH

Le pH des échantillons de jus de carottes a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Hanna pH 211,USA) par immersion directe de l'électrode dans le jus à  $20^\circ\text{C}$  (Martínez-Flores *et al.* 2015).

### II.3.4. Mesure de l'acidité titrable

L'acidité titrable (AT) a été déterminée selon la méthode de (Zhang *et al.* 2016), par titrage avec une solution de NaOH standardisée de 0,1 M au point virage avec la phénolphthaléine (pH = 8,1 ± 0,1). L'AT a été exprimée en équivalents d'acide citrique.

L'acidité est déterminée par la formule suivant :

$$A(\%) = \frac{V' \cdot 0,07}{V(\text{ml})} \times 100$$

Avec:

- **V** : Volume d'échantillon pris pour le titrage (mL) ;
- **V'** : Volume de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N utilisé (mL) ;
- **0,07** : Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique.

### II.3.5. Mesure du degré Brix

Une goutte de jus a été mise sur la plaque du refractomètre (ATAGO HSR-500, JAPAN) préalablement nettoyé et séché avec l'eau distillée. Le degré Brix a été lu directement sur l'échelle d'intersection de la limite entre la frange claire et la frange foncée (Hashem *et al.* 2014).

### II.3.6. Mesure de la densité

La densité de jus a été déterminée à l'aide de la méthode pycnométrique, le jus a été placé dans un pycnomètre (ISO LAB, Germany) calibré et la densité a été calculée en divisant la masse mesurée de jus par le poids du même volume d'eau distillé (Leahu *et al.* 2013).

$$\text{Densité} = \frac{\text{Poids d'un volume du jus}}{\text{Poids du même volume d'eau distillée}}$$



**Photo 02** : Densimètre en mesure

### II.3.7. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique du jus est déterminée selon la méthode de (Zou et Jiang 2016). L'électrode de conductimètre (BIOBLOCK, Belgium) est plongée dans un bécher contenant 30 ml d'échantillon, la lecture s'est fait directement sur l'afficheur du conductimètre à 23°C.

### II.3.8. Mesure de la turbidité

Les mesures de turbidité indiquent la quantité de matière colloïdale en suspension dans le jus, ce qui donne une mesure de la concentration des substances qui causent la sédimentation. La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre (AQUALYTIC SN 084591, GERMANY). La cuvette de celui-ci est remplie par l'échantillon, puis introduite dans la cellule de mesure en changeant l'échelle de mesure jusqu'à l'obtention de la valeur de turbidité exacte sur l'écran de l'appareil. L'opération est répétée trois fois. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité (NTU) (Eric 2011).



Photo 03 : Turbidimètre en mesure

### II.3.9. Mesure de la viscosité

La viscosité des échantillons est déterminée à l'aide d'un viscosimètre rotatif (Haake, Viscotester, Germany). Son fonctionnement était basé sur la résistance à la torsion offerte par un liquide lorsqu'une broche de caractéristiques connues tourne (broche R1, 200 tr / min). Le récipient de celui-ci est rempli avec 250 ml d'échantillon, puis sa sonde est introduite dans le récipient en changeant l'échelle de mesure jusqu'à l'obtention de la valeur de viscosité exacte sur l'écran de l'appareil. L'opération est répétée trois fois. La valeur de viscosité a été exprimée en mPa/s (Rodrigo *et al.* 2003).





**Photo 04** : viscosimètre en mesure

### **II.3.10. Détermination de la teneur en protéines (méthode de Kjeldahl) :**

Pour déterminer la quantité on protéines dans notre échantillon de jus, on procède à un dosage de l'azote total qui passe par les étapes suivantes (Chemists 1990) :



#### **Minéralisation :**

Dans un matras de l'appareil Kjeldahl(Gerhardt), on introduit, 2 g du jus de carotte avec 2 g de catalyseur (Mélanger 20g de sulfate de cuivre, et sulfate de potassium), 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré à 97 % et 2 ml d'eau oxygénée à 30 %.

Le matras est ensuite chauffé jusqu'à ce que la couleur noire se transforme en une couleur limpide, à ce moment-là l'azote organique est transformé en azote minéral. Ensuite, on laisse refroidir et on transverse l'échantillon minéralisé dans une fiole, on lave le matras avec l'eau distillée tout en ajustant le volume jusqu'à 100 ml.



**Photo 05** : Etape de minéralisation

✓ **Distillation :**

Dans un matras, on introduit 10 ml du contenu de la fiole auquel on additionne 20 ml d'eau distillée et 30 ml de la soude à 35 %. En parallèle, on prépare une solution d'acide borique à 0,1N avec 10 gouttes d'Indicateur de Tashiro (de couleur rose violette en présence d'un milieu acide et verte dans le cas d'un milieu alcalin).

La distillation s'effectue dans un appareil spécifique, elle est arrêtée au bout de 4 minutes à compter du début d'ébullition.



**Photo 06 :** Etape de distillation

✓ **Titration :**

Puisqu'on utilise l'acide borique comme solution de récupération, on va alors titrer l'excès des anions de borate avec la solution d'acide sulfurique (0.1N) jusqu'à changement de la coloration du vert au rose-violet dû au virage de l'indicateur de Tashiro. L'azote total est calculé suivant la formule représentée ci- dessous :



**Photo 07 :** étape de titration

$$\text{Azote totale (N) (\%)} = \frac{(VB-VE).0,0014.10.100}{M}$$

**Avec :**

**VB :** Volume de NaOH 0,1 N utilisé pour un essai blanc (ml) ;

**VE :** Volume de NaOH 0,1N utilisé pour la titration de la solution à doser (ml) ;

**100 :** Coefficient du pourcentage ;

**10 :** Coefficient du volume total de la solution à doser ;

**M :** masse de la prise d'essai.

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

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

**Avec : 6,25** est le facteur de conversion basé sur le taux moyen d'azote des protéines.

### **II.3.11. Détermination du saccharose, du fructose et du glucose**

Des échantillons de 5 ml de jus de carottes ont été homogénéisés et filtrés sur un filtre millipore de 0,22 µm. Le filtrat a été utilisé pour la détermination du contenu du saccharose, du fructose et le glucose dans les échantillons de jus de carottes (Zhang 2016) dans un système HPLC Les conditions de la phase mobile ont été utilisées comme indiqué par (Zhang *et al.* 2016).

La quantification a été effectuée par un standard externe avec du saccharose, du glucose et du fructose qualité HPLC Annexes (2,3et 4); les résultats ont été exprimés en grammes par 100 ml de jus de carottes.

### **II.3.12. Recherche de pectine**

Dans un tube à essai, 10 ml d'éthanol acidifié (1 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 100 ml d'éthanol 96%) sont ajoutés à 5 ml de jus. Après 2 agitations renversées et une incubation de 15 minutes à température ambiante, un gel apparaît s'il y a présence de pectine (Grimi *et al.* 2007).

### **II.3.13. Dosage de cuivre et de zinc par Spectroscopie d'Absorption Atomique (SAA)**

Le dosage des sels minéraux dans les jus obtenus est réalisé comme suit : 3 g de jus sont pesés dans un creuset en porcelaine que l'on porte au four moufle à 450 °C jusqu'à calcination. Les cendres issues de la calcination sont ensuite dissoutes dans une solution de 5 ml d'acide chlorhydrique (2 N) et la solution obtenue est enfin évaporée jusqu'à siccité. On obtient alors un résidu final qui est à nouveau dissout dans une solution d'acide nitrique de concentration 0,1 mol/l et la teneur en sel minéraux est déterminée par spectrophotomètre d'absorption atomique (Adjou *et al.* 2013).

## II.4. Dosage des composés bioactifs dans le jus

### II.4.1. Dosage des caroténoïdes

Deux millilitres de jus de carottes ont été mélangés pendant 5 min avec 10 ml de chloroforme / méthanol de qualité analytique (2: 1). Après agitation, la phase organique a été séparée de la phase aqueuse et filtrée avec du papier filtre et recueillie. La phase aqueuse a été extraite à plusieurs reprises avec 5 ml de chloroforme / méthanol jusqu'à ce qu'elle est devenue incolore. Tous les extraits recueillis ont été mélangés et dilués à un volume final de 50 ml avec du chloroforme / méthanol, et les caroténoïdes ont été quantifiés à température ambiante (21 C°) par un spectrophotomètre (Ultrospec 100 pro SHIMADZU, Germany) à une longueur d'onde de 450 nm. Des solutions standard de  $\beta$ -carotène ayant une concentration allant de 0 à 51  $\mu\text{g} / \text{ml}$  ont été utilisées Annexe (07). Les résultats sont exprimés en équivalent 1g de  $\beta$ -carotène / 100 ml d'échantillon (Martínez-Flores *et al.* 2015).

### II.4.2. Dosage de la vitamine C

L'acide ascorbique a été déterminé par une méthode de titrage par l'iode nous avons prélevé dix millilitres d'échantillon de jus dans une fiole de 250 ml, puis nous avons ajouté 75 ml d'eau distillée et 0,5 ml d'indicateur d'amidon. L'échantillon a été titré avec une solution d'iode 0,1 mol/l. Le point final du titrage a été identifié comme la première trace permanente d'une couleur bleu-noir foncé due au complexe amidon-iode (Chemists 1990).

La quantité d'acide ascorbique a été exprimée en mg / 100 ml de jus. La teneur en vitamine C est déterminée par la formule suivante :

$$[\text{Vit C}] = \frac{T.V.176}{2E}$$

Avec :

**V** : volume d'iode (ml)

**T** : titre molaire de la solution d'iode.

**E** : prise d'essai

**176** : Le poids moléculaire de l'acide ascorbique.

### II.4.3. Dosage des composés phénoliques totaux

- Extraction des composés phénoliques

Un millilitre de jus de carottes a été extrait avec 10 ml de méthanol et agité dans une zone sombre pendant 24 h dans un agitateur orbitaire.

Après centrifugation à 4500 rpm pendant 10 minutes dans une centrifugeuse (Hettich D-78532, Germany ) les surnageant sont été recueillis, stockés à 4°C et utilisés pour quantifier les composés phénoliques (Martínez-Flores *et al.* 2015).

- Dosages des composés phénoliques

40ul de la solution d'extraction obtenue est mélangée avec 625 µl d'eau distillé et 130 µl de réactif Folin-Ciocalteu avec un Vortex (MS2 Mini shaker, VWR VV3) et maintenu à température ambiante (22°C ± 1°C) pendant 5 min. Ensuite, nous avons ajouté 1,25µl d'une solution de carbonate de sodium à 20%, on l'a mélangé dans un vortex et on l'a maintenu dans l'obscurité pendant 90 min. L'absorbance a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (Model Ultrospec 100 pro SHIMADZU, Germany) à 760 nm (Martínez-Flores *et al.* 2015). Les résultats ont été exprimés en mg d'équivalents d'acide gallique (mg GAE/100ml).

### II.4.4. Dosage des flavonoïdes

La méthode de dosage des flavonoïdes repose sur la capacité de ces composés à former des complexes chromogènes avec le chlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>). 0,5 ml d'extrait sont mélangés avec 2 ml d'eau distillée et 0,15 ml de solution de NaNO<sub>2</sub> à 15% (nitrite de sodium). Après 6 minutes, 0,15 ml d'AlCl<sub>3</sub> à 10% sont ajoutés et laissés pendant 6 minutes, puis 2 ml de NaOH (soude) à 4% sont ajoutés. Le volume est ajusté à 5 ml avec l'eau distillée. L'absorbance est mesurée après 15 minutes à 510 nm, La concentration des flavonoïdes est calculée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue en utilisant la quercétine comme standard. Les concentrations sont exprimées en mg équivalent de quercétine par 100ml (Popovici *et al.* 2010).

### II.4.5. Activité antioxydant

1,5 ml du jus ont été pris dans un tube à essai avec 3, 9 ml de solution de DPPH (0.1mM), L'échantillon témoin a été préparé avec la même quantité de méthanol et de la solution de DPPH. Après incubation pendant 30 min à température ambiante à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 517 nm par un spectrophotomètre (Hashem *et al.* 2014). L'activité anti radicalaire a été estimée selon l'équation ci-dessous :

$$\%d'activit\acute{e}antiradicalaire = \left( \frac{A \text{ contr\^ole} - A \text{ test}}{A \text{ contr\^ole}} \right) \times 100$$

Avec ;

- Contrôle : l'absorbance du témoin (contenant tous les réactifs sans le produit à tester)
- A test : l'absorbance du test après 15, 30 et 60 minutes.

## II.5. Contrôle microbiologiques de jus (Dénombrement de La flore mésophile aérobie totale (FTAM) et entérobactéries)

La préparation de la solution mère, a été réalisée par homogénéisation de 1ml de chaque échantillon avec 9ml d'eau peptonnée stérile à 0,1% (DifcoLaboratories, Sparks, MD, USA). Ensuite une série de dilutions décimales a été préparée ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$ ).

Le nombre de bactéries a été déterminé en déposant 20  $\mu$ l des dilutions décimales sur une boîte contenant le milieu de culture en utilisant la méthode des spots (Fernandez *et al.* 2013). La flore totale aérobie mésophile (FTAM) a été dénombrée sur le milieu gélosé BHI (BrainHeart infusion, DifcoLaboratories, Sparks, MD, USA) après une incubation de 24 h à 30°C. Le dénombrement des entérobactéries a été effectué sur la gélose MacConkey (DifcoLaboratories, Sparks, MD, USA) avec une incubation de 24h à 37°C. Seules les boîtes contenant des colonies entre 02 et 200 sont prises en compte et les résultats sont exprimés en unités formant des colonies par ml de jus (UFC/ml). Et le nombre des colonies est calculé selon la formule suivante :

$$\text{UFC/ml} = \text{le nombre des colonies} \times 1/D \times 50.$$

D : la dilution qui a été utilisée.

## II.6. Analyse sensorielle

La méthode d'évaluation sensorielle utilisée dans cette étude était basée sur celle proposée par Zhang *et al.* (2016) avec certaines modifications. Un groupe formé d'étudiants (5 hommes, 5 femmes) âgés de 00 à 26 ans de l'Université de Jijel s'est porté volontaire pour l'étude. Pour être admissible, les panélistes devaient être non-fumeurs et ne pas avoir d'allergie aux carottes. Des évaluations individuelles ont été effectuées dans un laboratoire vide qui a été réservé spécialement pour l'étude et qui est éclairé par un éclairage normal.

### a- Analyse hédonique (Zhang *et al.* 2016)

Au cours du processus d'évaluation hédonique, tous les bénévoles ont utilisé un questionnaire pour mesurer les degrés de combien ont aimé la couleur, l'apparence, l'arôme, le goût et l'acceptabilité générale des jus de carottes avec ou sans gingembre.

Chaque échantillon de jus de carottes a été versé dans une petite coupe en plastique et remis au volontaire dans l'ordre approprié. Les bénévoles ont goûté chaque jus de carottes et ont donné un nombre compris entre 1 et 9, ce qui représente combien il aimait ou n'a pas aimé chaque attribut. Les

bénévoles ont reçu de l'eau du robinet entre chaque échantillon de jus de carottes. Au cours du processus d'évaluation, les volontaires ont été libres de commenter chaque échantillon de jus de carottes et les commentaires ont été enregistrés au bas du questionnaire.

#### **b- test triangulaire** (Standard et ISO 2004)

Pour évaluer l'effet de la conservation du jus entamé au réfrigérateur à une température de 4°C pendant 3 jours sur les caractéristiques organoleptiques du jus, nous avons réalisé un test triangulaire sur deux produits A et B où le produit A est le jus préparé 3 jours avant l'évaluation et le produit B est le jus préparé le jour même de l'évaluation. L'ordre de présentation était de telles sortes que 50% des dégustateurs ont reçu le jus A en premier et 50% ont reçu le jus B en premier et ceci pour chaque variété de jus (avec et sans gingembre). Les résultats sont exprimés en fonction du nombre des personnes qui ont pu reconnaître l'échantillon différent. Le degré de sensibilité a été déterminé en prenant  $\alpha = 0,05$ .



**Photo 08** : analyse sensorielle de jus.

#### **II.7. Analyse statistique**

Les résultats sont présentés par la moyenne suivie de l'écart-type ( $n = 3$ ) pour chaque paramètre. L'analyse statistique des données expérimentales est réalisée avec l'Excel 2013. Les résultats obtenus sont soumis au test de Student (test d'égalité des espérances). Elles sont considérées :

$p < 0,05$  : différences significative.

$p < 0,01$  : différences très significative.

$p < 0,001$  : différence hautement significative.

# *Chapitre 3*

## *Résultats &*

### *discussion*



## Rendement de jus

Le rendement en jus est considéré comme un facteur d'importance économique primordiale pour l'industrie de la transformation et fabrication du jus. Bien que les informations disponibles soient limitées, des rendements de jus entre 50 et 70% ont été rapportés selon les diverses méthodes d'extraction (Vora 2001).

**Tableau 02** : Rendement du jus

Masse de jus avant pressage	masse de jus après pressage	Pourcentage
200 ±5 g	120 ±6 g	60 ± 3 %

Selon le tableau 02 le rendement de notre jus est de 60%, ce qui est largement supérieur à celui de Khandare *et al.* (2011) qui est de  $40 \pm 2.3$ , et à celui d' Adubofuor *et al.* (2016) qui a obtenu un rendement de  $53.32 \pm 5.0$  sur un jus de carottes qui n'étaient pas blanchies. Selon Adubofuor *et al.* (2016) le blanchiment augmente le rendement de jus.



**Photo 09** : Jus de carottes fabriqué.

### III.1. Caractéristiques physico-chimiques du jus

Les principales caractéristiques physico-chimiques du jus sont résumées dans les tableaux 03 et 04.

**Tableau 03** : Teneurs en eau, matière sèche, cendres et en matière organique

	Teneur en eau	MS (%)	Cendres	MO(%)
<b>JSG</b>	96.36 ± 0.26	3,64	1.60 ± 0,08	98,32
<b>JAG</b>	96,19 ± 0.63	3,81	1.68 ± 0,09	98,5

### III.1.1. Teneur en eau

La détermination de l'eau (dénommée également détermination de l'humidité) est l'une des analyses effectuées le plus fréquemment dans les laboratoires du monde entier, car la teneur en eau dans de nombreux produits a une influence déterminante sur leur qualité, la possibilité de traitement, leur conservation et leur stabilité (Mathlouthi 2001).

Selon le tableau 03, les valeurs moyennes de la teneur en eau de notre jus sans gingembre (JSG) et jus avec gingembre JAG respectivement sont de  $96,36 \pm 0,26$  et  $95,63 \pm 0,63$ , leur teneur en matière sèche est estimée à  $3,64 \pm 0,26$  et  $3,81 \pm 0,63$  pour les deux jus. On remarque que il n'y a pas une grande différence significative entre les deux types du jus ( $P > 0,05$ ).

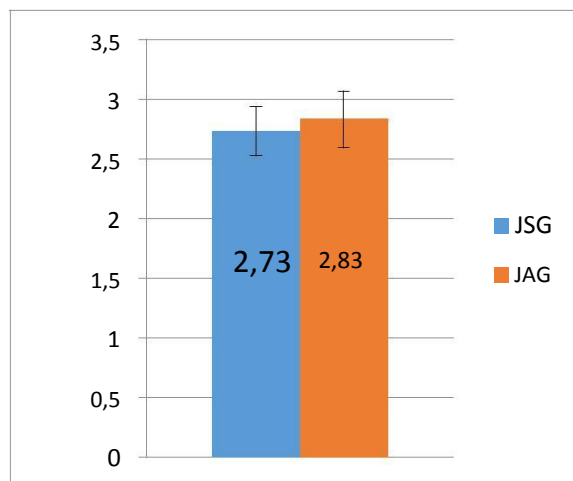
Notre résultat est similaire à celui trouvé par Waghray *et al.* (2012) qui a étudié la teneur en eau d'un jus de carottes et citrons (97%), et Adubofuor *et al.* (2016) qui a étudié la teneur en eau d'un jus de carotte qui n'a pas subi une étape de blanchiment et a trouvé 94%. Ces résultats sont légèrement supérieurs à celui d'Olalude *et al.* (2015) qui est de 91 %.

D'après Villeneuve et Leteinturier (1992) les facteurs qui peuvent influencer sur la teneur en eau de la carotte sont l'âge de la plante, la période du cycle végétatif et même des facteurs génétiques (Sharma *et al.* 2012). Cette variation de la teneur en eau peut être due aussi aux différentes conditions et processus de la technologie de fabrication de jus (Zhang *et al.* 2016).

### III.1.2. Cendres

L'expression cendres totales est un terme se rapportant à la partie inorganique d'un échantillon alimentaire restant après que l'échantillon soit brûlé à 600 °C pendant deux à cinq heures. Ce résidu contient des oligo-éléments tels que le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium et le manganèse.

La détermination de la teneur en matière minérale nous éclaire sur la qualité nutritionnelle de l'échantillon à analyser. En effet, la teneur en cendres des aliments doit avoir un seuil à ne pas dépasser pour la consommation humaine et animale (GAOUAR 2011).



**Figure 07** : Teneur en cendres des jus fabriqués

D'après le tableau 03 et la figure 07 la teneur en cendres de JAG est égale à  $1.68 \pm 0.08$ . Elle est légèrement supérieure à celle de JSG qui est de  $1.60 \pm 0.09$ , alors que la matière organique constitue  $98,32 \pm 0.08$  % du jus avec gingembre et  $98,4 \pm 0,09$  pour le jus sans gingembre.

L'analyse statistique révèle une différence significative de la teneur en cendres entre le JAG et le JSG ( $P < 0,05$ ). Donc le JAG est plus riche en cendres que le JSG. Les résultats obtenus concernant la teneur en cendres sont légèrement supérieurs à celui de Olalude *et al.* (2015) qui est de  $1,33 \pm 0.153$ , et de Alwis *et al.* (2016) avec  $1.56 \pm 0.01$  et d' Adubofuor *et al.* (2016) qui a obtenu  $0.41 \pm 0.01$ .

Selon Francou (2003), la masse totale des cendres ne correspond pas à la teneur en matières minérales d'un aliment: il peut y avoir perte de substances par volatilisation ou synthèse d'oxydes et de carbonates pendant la combustion.

**Tableau 04** : pH, acidité et degré Brix des jus

	pH	Acidité	Brix
<b>JAG</b>	$4,42 \pm 0,09$	$0.29 \pm 0,014$	$1,80 \pm 0,12$
<b>JSG</b>	$4.5 \pm 0,15$	$0,30 \pm 0,011$	$1,89 \pm 0,11$

### III.1.3. pH

Selon Brissonnet *et al.* (1994) et (Doukani et Tabak 2015) le pH est un paramètre déterminant l'aptitude des aliments à la conservation, en raison du rôle important de pH dans la conservation des denrées alimentaires, en fait, un pH acide aide à éliminer une grande partie de la flore

microbienne, il constitue donc l'un des principaux obstacles, que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération.

Selon tableau 04 on constate que le pH du jus avec gingembre ( $4,42 \pm 0,09$ ) est légèrement inférieure à celui sans gingembre ( $4,5 \pm 0,15$ ), avec une différence statistiquement non significative ( $P > 0,05$ ).

Nos résultats sont dans la fourchette des valeurs rapportées par Zhang *et al.* (2016) et Khandare *et al.* (2011) et Olalude *et al.* (2015) qui trouvent des valeurs de pH= 4.40 et pH= 4,7 à 4,45 respectivement.

L'acide citrique a certainement un effet sur l'abaissement du pH, mais ceci n'empêche pas de montrer le rôle du gingembre. Ce dernier, utilisé comme additif à 0,7 % dans la viande de camelle a causé l'abaissement de pH (Abdel-Naeem et Mohamed 2016).

#### **III.1.4. Acidité**

L'acidité titrable nous renseigne sur la quantité en acides organiques présente dans l'échantillon. Les acides organiques sont en général, des intermédiaires des processus métaboliques, ils influencent la croissance des micro-organismes et affectent la qualité de conservation des produits. Ils sont directement impliqués dans la croissance, la maturation et la sénescence du fruit (Ferhoum 2010).

D'après nos résultats représentés dans le tableau précédent, l'acidité titrable du jus de carottes avec gingembre est de l'ordre de  $0,30\% \pm 0,011$ . Elle est légèrement supérieure à celle du jus sans gingembre ( $0,29\% \pm 0,014$ ), mais cette différence est non significative ( $P > 0,05$ ).

La valeur de l'acidité titrable obtenue dans notre jus est un peu supérieure à celle trouvée par (Sharma *et al.* 2009, Zhang *et al.* 2016) qui est de 0,26% et similaire à celle trouvée par Martínez-Flores *et al.* (2015) avec 0,30%.

Le jus de carottes est généralement à une faible teneur en acides, il contient des petites quantités d'acide succinique, d'acide lactique, d'acide pectique, d'acide citrique, d'acide malique, d'acide glycolique, d'acide ascorbique et d'acide caféique (Vora *et al.* 1999).

l'acidité des jus de carotte est due à l'acide citrique (Zhang *et al.* 2016), L'acidité augmente pendant le stockage en raison de la fermentation et de l'oxydation des sucres (George et Moiloa 2015)

Ces différences entre les valeurs de pH et d'acidité titrable, peuvent être dues à plusieurs facteurs dont la variété des carottes et de l'état climatique et géologique du secteur où ont été plantés les carottes, en plus de la quantité d'acide citrique ajouté dans la fabrication du jus.

### III.1.5. Brix:

Les solides solubles totaux sont des paramètres de qualité majeurs du jus de carotte qui affectent les caractéristiques sensorielles du jus. Cette valeur est généralement calculée pour tenir compte des sucres de divers types (sucres réducteurs et non réducteurs, sucres totaux). Plus le °Brix est élevé, plus l'échantillon est sucré (Zou et Jiang 2016).

Le tableau 3 montre que la teneur totale en solides solubles (°Brix) est de  $1,80 \pm 0,12$  pour le JSG et de  $1,89 \pm 0,11$  pour le JAG, Ce paramètre permet d'évaluer la concentration en sucres solubles dans notre jus.

Nos résultats sont presque similaires à celui de Zhang *et al.* (2016) qui est de 2.62. Par contre, sont inférieures à ceux d' Adubofuor *et al.* (2016) avec  $5.55 \pm 0.01$ , d' Eric (2011) avec  $11.8 \pm 0.00$  et de Zou et Jiang (2016) à 4,04.

Notre jus ne contient aucun sucre ajouté. Selon Zhang *et al.* (2016), Vora (2001) et Sharma *et al.* (2012), plus l'échantillon contient des sucres plus le °Brix est élevé.

**Tableau 05** : propriétés physiques des jus

	Densité	Conductivité	Turbidité	Viscosité
<b>JSG</b>	$1.022 \pm 0,010$	$1,32 \pm 0,020$	$780 \pm 3,58$	$1,81 \pm 0,13$
<b>JAG</b>	$1.024 \pm 1,021$	$1,39 \pm 0,038$	$845 \pm 4,20$	$1.81 \pm 0,15$

### III.1.6. Densité

La densité d'un jus de fruit ou légume est en fait en relation avec la matière sèche contenue dans ce jus. Par convention elle se mesure à une température de 20°C, et à une pression de 1 atmosphère (Ramos et Ibarz 1998).

Le tableau 05 montre que la densité du jus de carotte sans gingembre est légèrement inférieure que celle avec gingembre et est égale à  $1,022 \pm 0,01$ .

Notre résultat est identique à celui trouvé par Leahu *et al.* (2013) dans le jus de carotte acidifié par le citron, le même chercheur a trouvé dans le jus d'orange et de kiwi sans et avec pulpes une densité relative de 1,049.

D'après nos résultats on peut dire que la densité de notre jus est proche de celle de l'eau qui est de 1 à 25°C (Koch et Holthausen 2015), cela peut s'expliquer par la teneur en eau élevée dans notre jus et dans les jus des fruits et légumes en général.

### III.1.7. Conductivité

La conductivité électrique exprime l'aptitude de la solution aqueuse à conduire un courant électrique. Elle est en corrélation avec la teneur en sels solubles (Rodier *et al.* 2005). La conductivité électrique est un paramètre important pour l'évaluation de la qualité des jus et donne une idée sur l'état de fraîcheur de celui-ci. Elle est faible lorsque le jus est frais, et augmente en perdant la fraîcheur de celui-ci (Bazhal 2001).

Les résultats du tableau nous montrent que la conductivité dans le JAG est de  $1,39 \pm 0,03$  et elle est un peu plus élevée que celle de JSG qui est de  $1,32 \pm 0,02$ . Mais cette différence est non significative ( $P > 0,05$ ).

Ces valeurs sont plus élevées que celles trouvées par Rodrigo *et al.* (2003) qui a rapporté des conductivités de  $0,416 \pm 0,11$ ,  $0,375 \pm 0,01$  et  $0,435 \pm 0,03$  dans trois types des mélange du jus orange-carotte. Cependant nos résultats sont similaires à ceux trouvés par Zhang (2009) et Abid *et al.* (2014) dans le jus de carotte frais et un jus de pomme, avec des valeurs de  $1,41 \pm 0,09$  et  $1,39 \pm 0,04$  (S/m) respectivement.

Selon Rodier *et al.* (2005), la conductivité électrique est influencée par le pH de la solution, la valence des ions et le degré d'ionisation. Cette légère augmentation de la conductivité électrique Pourrait être attribuée à la libération d'éléments minéraux ou de vitamines provenant des tissus de carottes (Zou et Jiang 2016).

### III.1.8. Viscosité

La viscosité est le terme qui représente la résistance à l'écoulement et au mouvement. Lorsque la viscosité augmente, la capacité du fluide à s'écouler diminue. La plupart du temps la viscosité diminue lorsque la température augmente. L'unité officielle de viscosité est le Pascal seconde (Pa.s) (Stephan 2013).

Le tableau 05 montre que la viscosité du JSG est presque la même à celle du JAG, et est égale à  $1,81 \pm 0,13$ , ce résultat est supérieur à ceux trouvés par (Sharma *et al.* 2009, Martínez-Flores *et al.* 2015), qui trouvaient des valeurs de  $1,47 \pm 0,03$  et  $1,52 \pm 0,02$  (mPa. s) respectivement, d'autre part nos résultat sont légèrement inférieurs à celui de Zou et Jiang (2016) qui est de  $1,97 \pm 0,05$ .

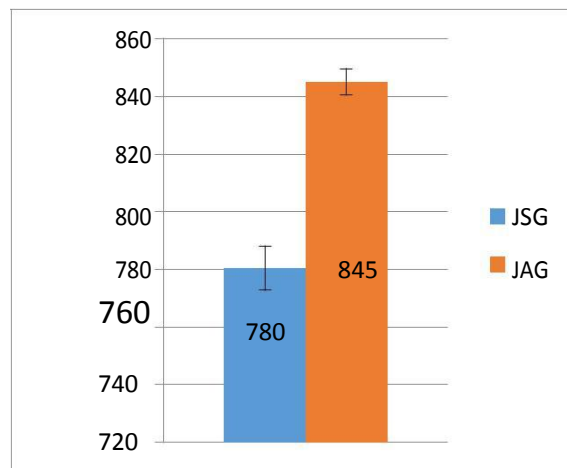
Les valeurs obtenues par Rodrigo *et al.* (2003) qui a travaillé sur trois types d'un mélange du jus d'orange-carotte, sont largement supérieures à notre résultat et sont de 25 ; 27,7 et 25,7 (mPa. s) sachant que son jus est un concentré avec pulpes et sans eau ajouté avec un pourcentage de 80% du jus d'orange et 20% du jus de carotte.

La viscosité dans le jus de pomme est égale à  $2.23 \pm 0.07$ (mPa. s) comme rapportée par Abid *et al.* (2014) et qui est plus élevée de celle de notre jus de carotte.

La viscosité est corrélée à la concentration de sucres, parce que l'ajout du sucre rend le jus plus visqueux car il pénètre dans les membranes cellulaires et augmente la concentration dans le système colloïdal (Zou et Jiang 2016). Notre jus ne contient aucun sucre ajouté, ce qui explique la viscosité basse.

### III.1.9. Turbidité

Les mesures de turbidité indiquent la quantité de matière colloïdale en suspension dans le jus, ce qui donne une mesure de la concentration des substances qui causent la sédimentation. (PELLETIER 2009).



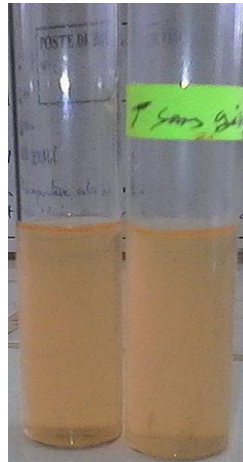
**Figure 08** : Turbidité des jus

Selon la figure 08 la turbidité du jus SG est de  $780 \pm 3,58$  UTN elle est inférieure à celle du jus AG ( $845 \pm 4,20$  UTN). Selon l'analyse statistique, ces résultats sont significativement différents ( $P < 0,05$ ). Cette différence est probablement due à la poudre de gingembre en suspension dans le jus.

Nos résultats sont largement inférieures à celui de Reiter *et al.* (2003) qui a travaillé sur un jus de carottes avec pulpe et a obtenu 2500 UTN.

### III.1.10. Détection de la présence de pectine

La photo ci-dessous présente la mise en évidence des pectines dans les deux types de jus, on remarque que les deux types de jus contiennent une faible teneur en pectines.

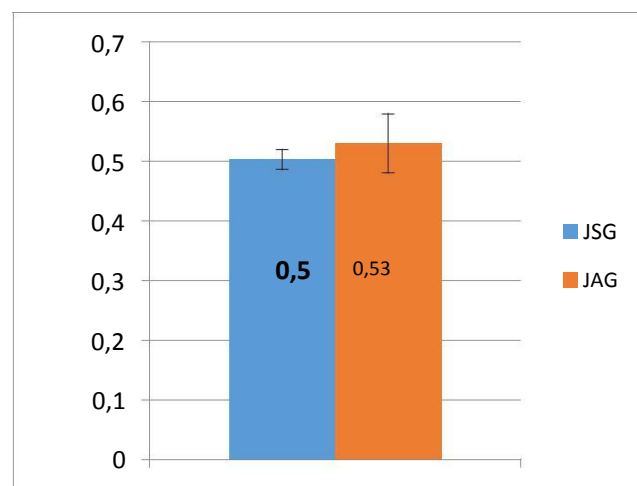


**Photo10** : Mise en évidence de la présence des pectines

### III.1.11. Teneur en protéines

Les jus des légumes et fruits sont des sources pauvres en protéines, leur contenu varie entre 1et 1.35 g/l (George et Moiloa 2015).

La teneur en protéines dans la carotte est relativement faible avec une fourchette de 0,77 à 1,2% comme rapportée par Vora (2001).



**Figure 09** : Teneur en protéines des jus étudiés

Les résultats obtenus de la teneur des deux jus en protéines sont exprimés dans la figure, on remarque que le JAG a une teneur légèrement supérieure à celle du JSG (0,53 et 0,50 respectivement).

L'analyse statistique révèle qu'il n'y a pas une différence significative entre les deux types de jus ( $P > 0,05$ ). Nos résultats sont inférieurs à ceux d'Alwis *et al.* (2016) où la teneur en protéines dans le jus est de  $0.81 \pm 0,02$ , et à ceux d'Olalude *et al.* (2015) qui ont trouvé  $1.08 \pm 0.12$ .



L'acidification de jus de carotte peut entraîner une dénaturation et précipitation des protéines, qui seront perdues au moment de l'extraction et les traitements thermiques pendant les processus de la fabrication (Schultz *et al.* 2014).

**III.1.12. Teneur en cuivre et en zinc**

**Tableau 06 :** Teneur en cuivre et en zinc

	Cuivre	Zinc
<b>JAG</b>	0,0493 ± 0,065	0,7418 ± 0,070
<b>JSG</b>	0,0395 ± 0,045	0,5994 ± 0,039

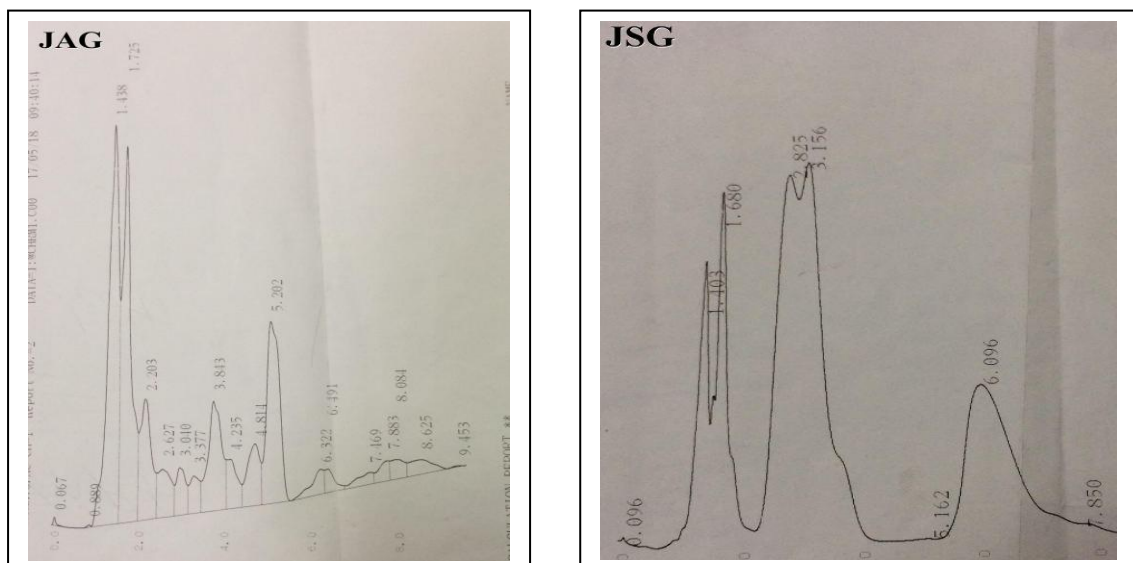
Selon le tableau, la concentration en cuivre dans le JAG est 0,0493± 0,065 ppm. Elle est supérieure à celle du JSG qui contient 0,0395± 0,045 ppm. il n'y a pas une grande différence entre les deux types du jus, qui est statistiquement non significative (P>0.05).

Notre résultat est légèrement supérieure à celui trouvé par Eric (2011) qui a trouvé 0.01mg/100 ml. Par contre il est légèrement inférieur a celui de Sharma *et al.* (2012) qui a trouvé 0,06 mg/100g.

La concentration en zinc du JAG est égale à 0,7418 ± 0,070 ppm, cette dernière est supérieure à celle du JSG qui a une concentration de 0,5994 ± 0,039 ppm. Notre résultat est dans la fourchette de Sharma *et al.* (2012) qui a trouvé 0,6-0,8 mg /100 ml, et légèrement inférieure à celui de Haq et Prasad (2015) avec 0.9 mg/100ml.

Selon Eric (2011) la plupart des éléments minéraux sont liés aux tissus des végétaux et lors de l'extraction ils se retrouvent dans les pulpes, ce sont seulement 9% qui sont extraits et présents dans le jus.

**III.1.12. Détermination du Glucose, du Saccharose et du Fructose**



**Figure 10 :** Chromatogrammes des sucres dans les deux types du jus

Selon le chromatogramme, on remarque la présence des trois principaux pics qui correspondent au fructose, saccharose et glucose.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 07** : Teneur en glucose, saccharose et fructose

Type du jus	Glucose	Saccharose	fructose
JAG	0,225 ± 0,1	2,67 ± 0,12	1,66 ± 0,15
JSG	1,91 ± 0,1	4,83 ± 0,18	1,73 ± 0,17

Selon le tableau on remarque que les quantités de glucose, fructose et saccharose trouvées dans les deux types de jus ne sont pas identiques, cette différence est due au fait que les jus ne sont pas préparés du même lot.

Villeneuve et Leteinturier (1992) ont rapporté que la teneur des aliments en sucres dépend du stade de maturité de la carotte, du climat et l'origine géographique, ainsi que les conditions de stockage.

Nos résultats sont dans la fourchette de Zhang *et al.* (2016) qui a travaillé sur un jus de carotte sans sucre avec : 2,079 pour le glucose. 3,69 et 2,19 pour le saccharose et le fructose respectivement.

Par contre, nos résultats sont largement inférieurs à ceux obtenus par Jabbar *et al.* (2014) qui a travaillé sur un jus de carotte avec sucres et a trouvé 13,76 pour le glucose. 37,07 et 24,56 pour le saccharose et le fructose respectivement. Cette grande différence est raisonnable parce que notre jus ne contient pas de sucre.

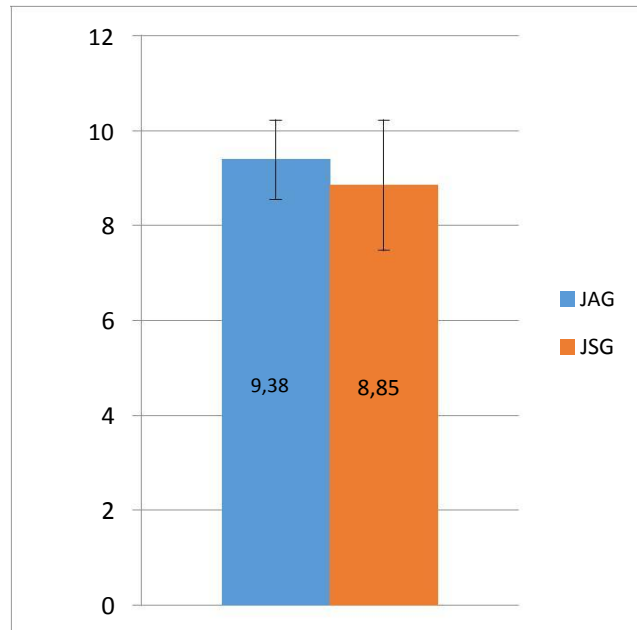
## III.2. Dosage des composants bioactifs dans le jus

### III.2.1. Vitamine C

L'acide ascorbique est un composé soluble dans l'eau qui est essentiel à la vie. Il est important pour les jus de fruits de le contenir car le corps ne peut pas le produire par lui-même (George et Moiloa 2015).

Les carottes sont des sources relativement pauvres en vitamine C, sa teneur varie entre les variétés avec des valeurs rapportées entre 3.0-7.0 mg/100g (Vora *et al.* 1999, Sharma *et al.* 2012).

La figure 11 montre les teneurs en vitamine C dans les deux types de jus de carottes (JAG et JSG).



**Figure 11 : Teneur en Vitamine C**

Selon la figure 11, on constate que la concentration de la vitamine C dans le JAG est égale à  $9,38 \pm 1,80$  mg/L, cette valeur est légèrement supérieure à celle du JSG égale à  $8,85 \pm 0,82$  mg/L. On remarque que il n'y a pas une grande différence entre les deux types du jus, qui est statistiquement non significative ( $P > 0,05$ ).

Notre résultat est supérieur à celui de Hammad *et al.* (2012) avec 8-6mg/l, par contre notre il est inférieur à celui de Sharma *et al.* (2009) qui a trouvé 18-20 mg/l, ainsi que celui d'Eric (2011) avec 40,2 mg/100 ml, qui a travaillé sur un jus de carotte avec l'orange.

Selon George et Moiloa (2015), La vitamine C est présente dans les jus maison en quantités inférieures (1,6 -1,78 mg / 100 ml) par rapport au jus commercial ( $3,41 \pm 0,76$  mg / 100 ml). Mais cela ne veut pas dire que les jus maison ne sont pas de qualité parce que l'acide ascorbique, même en concentration moindre, peut encore protéger les molécules indispensables du corps contre les dommages causés par les radicaux libres. La concentration plus élevée de vitamine C dans les jus commerciaux est due à son ajout pendant la production. La cuisson et les divers traitement thermiques (comme dans le cas de notre jus) entraine une diminution de la teneur en vitamine C dans les aliments (Adubofuor *et al.* 2016).

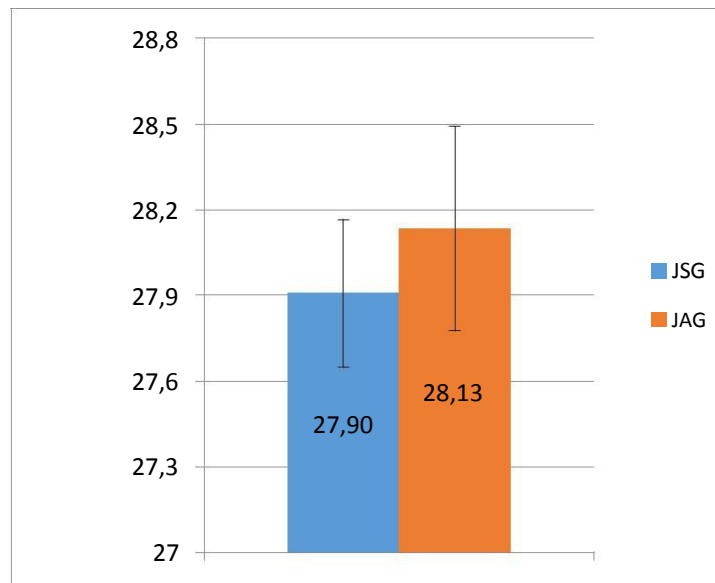
### III.2.2. Polyphénols

Les composés phénoliques contribuent à la qualité du jus et à la valeur organoleptique en termes de modification de la couleur, goût, l'arôme et la saveur (Yilmaz *et al.* 2009). Les composés phénoliques dans une alimentation riche en fruits et légumes ont attiré l'attention des

chercheurs en raison de leurs attributs de promotion de la santé, qui incluent l'abaissement du risque des maladies cardio-vasculaires, le cancer ou un autre état en rapport avec le processus de vieillissement (Vasco *et al.* 2009).

La teneur en composés phénoliques totaux est estimée à l'aide de la méthode du Folin-Ciocalteu en utilisant une courbe d'étalonnage à l'acide gallique (annexe 04).

La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus concernant la teneur en composés phénoliques totaux dans les deux types du jus JSG et JAG.



**Figure : 12** Teneur en polyphénols

Les résultats illustrés par la figure 12, montrent que la concentration des composés phénoliques totaux dans le JAG est égale à  $28,13 \pm 0,25$  mg GAE/100 ml, cette valeur est un peu supérieure à celle du JSG où la concentration en composés phénoliques totaux était  $27,90 \pm 0,25$  mg GAE/100 ml. Selon l'analyse statistique, la variation des résultats est non significative ( $P < 0,05$ ).

Les valeurs trouvées concernant la concentration des composés phénoliques totaux dans nos jus (JSG et JAG) sont inférieures à celle trouvée par Zhang *et al.* (2016) qui est de  $47,82 \pm 0,004$  mg GAE/100 ml, et plus élevée à celle trouvée par Martínez-Flores *et al.* (2015) qui est de  $20,25 \pm 0,91$  mg GAE/100 ml. Zhao *et al.* (2014) a trouvé  $57,44 \pm 1,30$  mg GAE/100 g de polyphénols dans le jus de pomme qui a subi une ultrafiltration.

Les facteurs importants qui peuvent influer la différence entre les valeurs obtenues pour les polyphénols totaux sont les techniques employées (le solvant utilisé et le temps

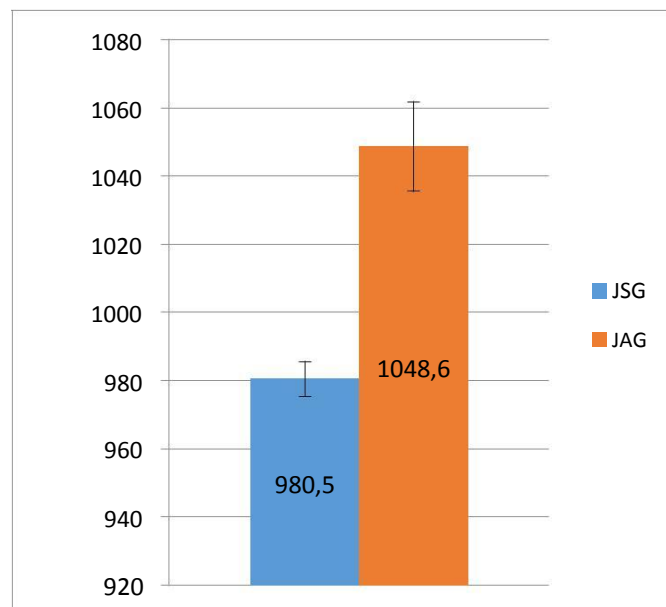
d'extraction), ainsi que la variété des carottes, leur degré de maturité, le stockage après récolte, ainsi que les facteurs climatiques (Sharma *et al.* 2012).

Le blanchiment diminue la teneur en polyphénols totaux dans le jus de carottes (Zhang et Hamauzu 2004), alors que la cuisson à la vapeur conserve la teneur en composés phénoliques (Barkat et Kadri 2012) suite à la grande facilité avec laquelle les polyphénols sont extraits des carottes cuites, par une forte fragilisation des parois cellulaires des tissus végétaux.

### III.2.3. Caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage à la  $\beta$  carotène en mg Eq Q/100ml. (Annexe 04),

La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus concernant la teneur en caroténoïdes dans les deux types de jus.



**Figure 13 :** Teneur en caroténoïdes

Selon la figure 13, la concentration des caroténoïdes dans le JAG est égale à  $1048,66 \pm 5,12$   $\mu\text{g}/100\text{ml}$ , cette valeur est légèrement supérieure à celle du JSG où la concentration des caroténoïdes était  $980,52 \pm 13,07$   $\mu\text{g}/100\text{ml}$ . L'analyse statistique révèle qu'il n'y a pas une différence entre les deux types de jus ( $P > 0,05$ ).

Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par Zou et Jiang (2016), par Hashem *et al.* (2014) et par Eric (2011), qui ont trouvé  $347$   $\mu\text{g}/100\text{ml}$ ,  $670$   $\mu\text{g}/100\text{ml}$  et  $755$   $\mu\text{g}/100\text{ml}$  respectivement.

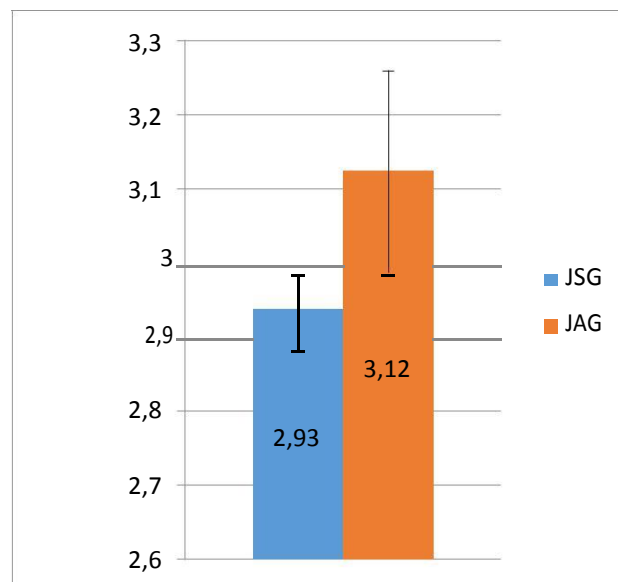
Par contre nos résultats sont inférieurs à ceux d' Olalude *et al.* (2015) et Martínez-Flores *et al.* (2015) qui ont trouvé 2805  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  et 1774  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  respectivement.

Selon Rodriguez-Amaya et Kimura (2004) les facteurs influençant la composition des aliments en caroténoïdes sont la variété, le stade de maturité, le climat et l'origine géographique. La teneur en caroténoïdes peut être affectée aussi par les conditions de stockage et le processus de fabrication comme le blanchiment et les traitements thermiques (Leahu *et al.* 2013, Zhang *et al.* 2016).

### III.2.4. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont omniprésents dans tous les végétaux. Leur activité est exprimée par leur grande affinité biologique avec les polymères, les métaux lourds et surtout pour leur activité antioxydante. Ce sont les plus actifs parmi les antioxydants végétaux alimentaires. Ils ont en outre une action thérapeutique sur certaines pathologies telles le traitement des inflammations, des infections virales et du cancer (Morelle-Lauzanne 2006).

La teneur en flavonoïdes est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage à la quercitine (annexe), en mg Eq Q/100ml. La figure suivante montre les résultats obtenus concernant la teneur en flavonoïdes dans les deux types de jus :



**Figure 14 :** Teneur en flavonoïdes

Selon la figure 14 ci-dessus, on constate que la concentration des flavonoïdes dans le JAG égale à  $3,12 \pm 0,135$  mg Eq Q/100ml est légèrement supérieur à celle du JSG qui est égale  $2,93 \pm 0,05$  mg Eq Q/100ml. L'analyse statistique révèle qu'il n'y a pas une différence entre les deux types de jus ( $P > 0,05$ ).

Nos résultats sont inférieures à celui de Khandare *et al.* (2011) qui a fabriqué du jus à partir de carottes noires et a trouvé une teneur en flavonoïdes de 11,8 mg / 100ml. Nos résultats sont aussi inférieurs à celui de Hashem *et al.* (2014) qui a trouvé 6,2 mg /100 ml.

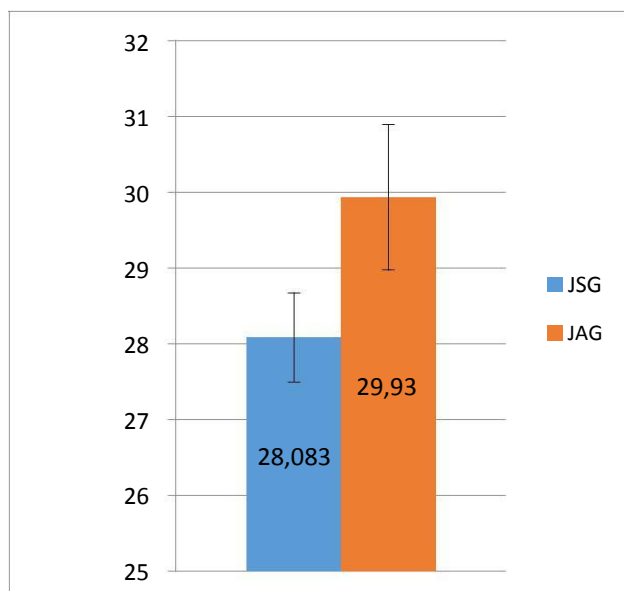
Selon (Renard et Guillon , Sharma *et al.* 2009) les flavonoïdes sont concentrés dans les fractions épidermiques, les étapes de raffinage ont par contre un impact souvent négligé sur les teneurs en flavonoïdes.

### III.2.5. Activité antioxydante

Le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) est un radical libre largement utilisé pour évaluer l'activité antioxydante. La méthode est basée sur la capacité des composés à agir en tant que piègeurs de ce radical en donnant un atome d'hydrogène. La caractéristique principale d'un antioxydant est sa capacité de capter les radicaux libres.

La réduction des radicaux DPPH par un agent antioxydant entraîne une décoloration de la solution. Le changement de couleur peut être suivi par spectrophotométrie à 517nm et de cette façon le potentiel antioxydant d'une substance ou un extrait de plante peut être déterminé (Molyneux 2004).

L'activité anti-radicalaire exprimée par le % d'inhibition du radical DPPH par les deux types du jus est représentée dans la figure 15.



**Figure 15** : activité antioxydante

Selon la figure 15, les résultats de pourcentage d'inhibition du radical DPPH dans les deux types du jus JAG et JSG sont 29,93 et 28.03 respectivement. On remarque qu'il n'y a pas une grande différence entre les deux types du jus, même statistiquement elle est non significative ( $P > 0.05$ ).

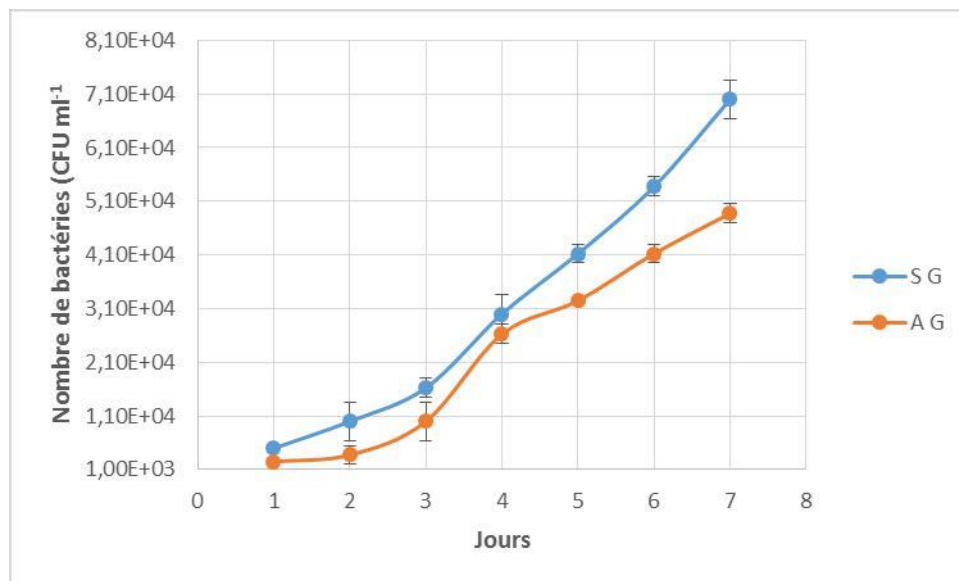
Nos résultats sont en accord avec ceux publiés par Khandare *et al.* (2011)(23-28 %), et sont inférieures à ceux de Song *et al.* (2006) et Alwis *et al.* (2016) qui ont trouvé 65 et 41 % respectivement.

Selon Martínez-Flores *et al.* (2015) et Zhang *et al.* (2016). L'activité antioxydante du jus de carottes varie en fonction de la composition en polyphénols, flavonoïdes, caroténoïdes et en vitamine C.

### III.3. Analyses Microbiologique

Un suivi de l'évolution microbiologique a été effectué, dont l'objectif est d'apprécier la stabilité du produit et d'évaluer l'effet de gingembre à 0,07% sur la qualité microbiologique du jus de carottes sans sucre ajouté au cours de sa conservation à 4°C, en comparant avec un jus de carotte sans gingembre produit avec le même procédé de fabrication et conservé dans les mêmes conditions. Les flores dénombrées sont la flore mésophile aérobie totale (FTAM) et les entérobactéries.

Les résultats de l'effet de gingembre sur l'évolution de la FTAM, exprimé en UFC/ml pendant 7 jours sont présentés dans la figure 13.



**Figure 16** : évolution du nombre de la flore mésophile aérobie totale FTAM, exprimé en UFC/ml, dans les deux jus (JSG et JAG) durant sa conservation à 4°C pendant 7 jours. Les résultats sont les moyennes de deux répétitions.

D'après la figure 16, on observe que le nombre de la FTAM a augmenté dans les deux types de jus au cours de leur conservation à 4°C. Mais cette augmentation est plus faible dans le jus avec



gingembre. Après 7 jours de conservation le nombre des UFC des FTAM est  $7.10^4$  UFC/ml, alors que dans le JAG est de  $4,87.10^4$ .

Concernant les entérobactéries on constate une absence totale dans les deux types des jus (JSG et JAG).

Le premier objectif du contrôle microbiologique est d'assurer une bonne sécurité hygiénique et une bonne qualité marchande du produit fabriqué (Jiao *et al.* 2017), Les fruits et légumes et leurs jus sont considérés parmi les produits les plus exposés aux contaminations et aux altérations microbiennes (Ramos *et al.* 2013).

La flore mésophile aérobie totale permet d'avoir une idée sur les conditions d'hygiène au cours de la fabrication ainsi que sur la salubrité du produit; en effet même s'il n'y a pas une corrélation entre le nombre de mésophiles et le nombre de micro-organismes pathogènes, on constate généralement que la présence de pathogènes ne se manifeste que pour des flores totales élevées, de l'ordre de  $10^6$  à  $10^7$  germes par gramme ou par millilitre (Graça *et al.* 2017). Les entérobactéries sont utilisés comme indice de contamination fécale (Berthold-Pluta *et al.* 2017).

La destruction des micro-organismes par la chaleur est la méthode de conservation la plus utilisée en industries agricoles et alimentaires. Elle a pour but de détruire les formes végétatives et de neutraliser les formes nuisibles à la bonne conservation de produit (Xanthakis et Valdramidis 2016). La réfrigération est la méthode de conservation la plus courante du jus de carottes afin de prolonger la durée de conservation (Daneshi *et al.* 2013), une réfrigération à  $4^{\circ}\text{C}$  du produit fini ralentit la croissance microbienne (Hsieh et Ko 2008).

La réglementation algérienne exige que le nombre de la FTAM dans les jus à base des fruits et des légumes ne dépasse pas le  $10^5$  UFC/ml. Donc nos résultats sont dans les normes.

Cette stabilité microbiologique peut s'expliquer par l'efficacité des traitements thermiques qui comptent le blanchiment, la cuisson à la vapeur et la pasteurisation (Strickler *et al.* 2015, Ferenc *et al.* 2016) ainsi que l'effet de l'abaissement du pH par l'ajout d'acide citrique qui a un effet antimicrobien comme démontré par plusieurs études telle celle menée par Picouet *et al.* (2015).

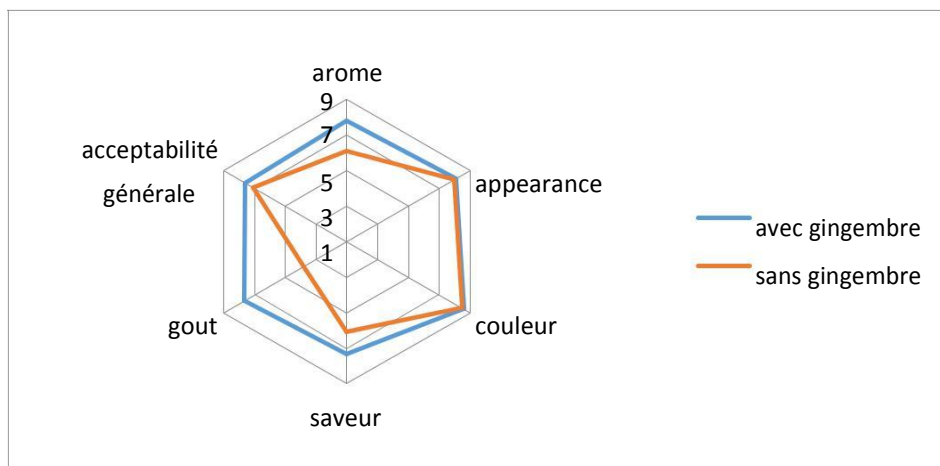
L'évolution microbienne ralentie dans le JAG par rapport au JSG est peut-être due à l'activité antimicrobienne du gingembre. Les travaux d' Islam *et al.* (2014) ont montré la bonne activité antimicrobienne du gingembre contre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*, *Klebsiella* spp. Et *Salmonella* spp. Des études similaires réalisées par Ushimaru *et al.* (2007), ont montré que les extraits méthanoliques du

gingembre ont une forte activité antimicrobienne contre des bactéries Gram négative et Gram positive.

### III.4. Effet de gingembre sur les propriétés sensorielles du jus de carottes

#### a- Test hédonique

L'effet du gingembre sur les propriétés sensorielles du jus de carottes est présenté dans la figure



**Figure 17 :** Effet de gingembre sur les critères sensoriels de jus de carotte.

Il n'y a aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les deux échantillons de jus (JAG est JSG) au niveau de la couleur et l'apparence. Cependant pour la saveur, le goût, l'arôme et l'acceptabilité générale il y'a une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les deux échantillons. Le test hédonique a montré que l'utilisation du gingembre comme additif avec le jus de carottes a une bonne acceptabilité par rapport au jus de carottes seul. Le gingembre ajouté en quantités infimes n'apporte pas un effet sur la couleur et l'apparence, par contre à un effet considérable sur l'arôme, le goût, la saveur et l'acceptabilité générale de notre jus.

Ces résultats peuvent être expliqués par l'arrière-goût piquant et la saveur caractéristique du gingembre qui a donné une grande acceptabilité et admiration des bénévoles.

#### b- Test triangulaire

Le test triangulaire est effectué pour les échantillons de JAG et JSG séparément, ce test a été effectué sur 10 dégustateurs.

Pour les deux jus, le produit A est le jus conservé et le produit B est le jus préparé le jour même de la dégustation.

Pour le cas de jus sans gingembre, ce test a montré que sur les 10 réponses totales, 4 étaient correctes. Ces résultats étant traduits par la loi binomiale, montrent que  $p > 0,05$  ce qui présente une différence non significative. Ceci veut dire que les dégustateurs n'ont pas révélé une différence entre les deux échantillons.

Pour le jus avec gingembre ce test a montré que sur les 10 réponses totales 2 étaient correctes. Ces résultats étant traduits par la loi binomiale, montrent que  $p > 0,05$  ce qui présente une différence non significative. Ceci veut dire que les dégustateurs n'ont pas révélé une différence entre les deux échantillons.

Donc on peut dire que la conservation des jus à une température 4°C pendant deux jours n'a pas altéré les caractéristiques organoleptiques de ces jus.

*Conclusion*

## Conclusion

La Carotte (*Daucus carota*) est la culture la plus importante de la famille des *Apiaceae*. C'est un légume qui a une répartition mondiale. Les carottes ont d'abord été utilisées à des fins médicales et ont progressivement été utilisées comme nourriture. Dans notre étude nous l'avons utilisé pour la fabrication d'un jus diététique sans l'ajout de sucre. Afin de donner au jus plus de saveur et d'effets bénéfiques, nous avons tenté de le compléter par le gingembre. Les deux jus ont subi les différentes analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles pour déterminer la valeur des jus et l'efficacité de l'ajout du gingembre.

Le jus a été obtenu avec un rendement de 60%. L'analyse physicochimique a montré que les deux jus ont des faibles teneurs en Brix compris entre 1,80-1,89, une teneur en protéines faible (0,50 et 0,53) et un pH acide de 4,42 et 4,50. La consistance du jus était homogène avec une viscosité et densité de 1,93 mp/s et 1,22 respectivement. Un bon pouvoir antioxydant de 28-29,93 % par la présence des caroténoïdes, polyphénols, vitamines C et flavonoïdes. Ce jus contient aussi de faibles quantités en sucre comme le glucose, fructose, et le saccharose, alors qu'une différence perceptible a été notée pour la turbidité et la teneur en cendres pour le jus au gingembre.

Les deux jus ont été stables de point de vue microbiologique après un suivi pendant 7 jours. L'analyse sensorielle a démontré que les jus ont une bonne acceptabilité de la part du panel de dégustation, avec une meilleure appréciation de l'odeur et de la saveur du jus au gingembre par rapport au jus de carottes.

Pour conclure, on peut dire que les jus fabriqués dans cette étude, peuvent être utilisés pour une consommation domestique ou commercialisés localement comme produit artisanal. Une amélioration de la qualité par d'autres procédés est un passage obligatoire pour pouvoir bénéficier de la formule de base dans le secteur industriel.

Le travail devra être suivi par une optimisation de la production par ajout d'enzymes et une meilleure compréhension des phénomènes responsables de la détérioration du goût à la conservation pour pouvoir les maîtriser.

*Références*

*Bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

Abdel-Naeem, H. H. and H. M. Mohamed (2016). "Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain." Meat science **118**: 52-60.

Abid, M., S. Jabbar, T. Wu, M. M. Hashim, B. Hu, S. Lei and X. Zeng (2014). "Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice." Ultrasonics Sonochemistry **21**(1): 93-97.

Adhikari, S., K. I. Priyadarsini and T. Mukherjee (2007). "Physico-chemical studies on the evaluation of the antioxidant activity of herbal extracts and active principles of some Indian medicinal plants." Journal of clinical biochemistry and nutrition **40**(3): 174-183.

Adjou, E., H. Amamion, F. P. Tchobo, V. M. Aissi and M. M. Soumanou (2013). "Extraction assistée par enzyme du jus de la pulpe fraîche du rônier (*Borassus aethiopum* Mart.) acclimaté au Bénin: caractérisation physico-chimique et microbiologique." International Journal of Biological and Chemical Sciences **7**(3): 1135-1146.

Adubofuor, J., I. Amoah and R. D. Ayivi (2016). "Effects of Blanching on Physicochemical Properties of Chantenay Carrots Juice and Assessing the Qualities of Formulated Carrot-MD2 Pineapple Juice Blends." American Journal of Food Science and Technology **4**(3): 81-88.

Al-Amin, Z. M., M. Thomson, K. K. Al-Qattan, R. Peltonen-Shalaby and M. Ali (2006). "Anti-diabetic and hypolipidaemic properties of ginger (*Zingiber officinale*) in streptozotocin-induced diabetic rats." British Journal of Nutrition **96**(04): 660-666.

Ali, B. H., G. Blunden, M. O. Tanira and A. Nemmar (2008). "Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review of recent research." Food and chemical Toxicology **46**(2): 409-420.

Alimentarius, C., R. SESSION and S. TRAITES (1998). "comisión del codex alimentarius." Organización Mundial para la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Segunda edición, Roma, Italia.

Alkint, C., L. Wadsö and I. Sjöholm (2004). "Effects of modified atmosphere on shelf-life of carrot juice." Food Control **15**(2): 131-137.

Alwis, A., O. Perera and H. Weerahewa (2016). "Development of a Novel Carrot-based Synbiotic Beverage using *Lactobacillus casei* 431®." Journal of Agricultural Sciences **11**(3).

Barkat, M. and F. Kadri (2012). "Impact de deux modes de cuisson sur la teneur en polyphénols solubles de six légumes."

Bazhal, M. (2001). Etude du mécanisme d'électroperméabilisation des tissus végétaux. Application à l'extraction du jus des pommes.

Berthold-Pluta, A., M. Garbowska, I. Stefańska and A. Pluta (2017). "Microbiological quality of selected ready-to-eat leaf vegetables, sprouts and non-pasteurized fresh fruit-vegetable juices including the presence of Cronobacter spp." Food Microbiology **65**: 221-230.

Bourguet, S. (2008). Mesure des énergies subtiles avant et après traitement technologique de fruits et de légumes à l'aide du système bioscope, Haute Ecole d'Ingénierie.

Braga, M. E., S. R. Moreschi and M. A. A. Meireles (2006). "Effects of supercritical fluid extraction on Curcuma longa L. and Zingiber officinale R. starches." Carbohydrate polymers **63**(3): 340-346.

Brissonnet, F., M. Bouix, G. Loiseau, A. Russel and J. Leveau (1994). "Le stress bactérien et ses conséquences en génie de l'hygiène." Industries alimentaires et agricoles **111**(3): 106-114.

Brown, L., E. B. Rimm, J. M. Seddon, E. L. Giovannucci, L. Chasan-Taber, D. Spiegelman, W. C. Willett and S. E. Hankinson (1999). "A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men." The American journal of clinical nutrition **70**(4): 517-524.

Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie Phytochimie plantes médicinales. 3ème édition, Tec & Doc, Paris.

Charles, D. J. (2012). Antioxidant properties of spices, herbs and other sources, Springer Science & Business Media.

Chemists, A. A. (1990). "Official methods of analysis." Vol. I. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.

Chen, B., H. Peng and H. Chen (1995). "Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice." Journal of agricultural and food chemistry **43**(7): 1912-1918.

Chen, H., D. N. Soroka, J. Haider, K. F. Ferri-Lagneau, T. Leung and S. Sang (2013). "[10]-Gingerdiols as the major metabolites of [10]-gingerol in zebrafish embryos and in humans and their hematopoietic effects in zebrafish embryos." Journal of agricultural and food chemistry **61**(22): 5353-5360.

Chrubasik, S., M. Pittler and B. Roufogalis (2005). "Zingiberis rhizoma: a comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles." Phytomedicine **12**(9): 684-701.

Cuq, J. (2007). "a Microbiologie Alimentaire: Les relations microorganismes/aliments/consommateurs, Département Sciences et Technologies des Industries Alimentaires 4ème année." Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc. p: 2-17.



Cuq, J. and S. Guilbert (1992). "Cuisson et conservation des aliments."

da Silva Dias, J. C. (2014). "Nutritional and health benefits of carrots and their seed extracts." Food and Nutrition Sciences **5**(22): 2147.

Daneshi, M., M. R. Ehsani, S. H. Razavi and M. Labbafi (2013). "Effect of refrigerated storage on the probiotic survival and sensory properties of milk/carrot juice mix drink." Electronic Journal of Biotechnology **16**(5): 5-5.

Doukani, K. and S. Tabak (2015). "Profil Physicochimique du fruit" Lendj"(Arbutus unedo L.)." Nature & Technology(12): 51.

Dugasani, S., M. R. Pichika, V. D. Nadarajah, M. K. Balijepalli, S. Tandra and J. N. Korlakunta (2010). "Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol,[8]-gingerol,[10]-gingerol and [6]-shogaol." Journal of ethnopharmacology **127**(2): 515-520.

Eric, K. (2011). Stable clear blended carrot-orange juice beverage production using enzyme and cyclodextrin, Jiangnan University.

Ernst, E. and M. Pittler (2000). "Efficacy of ginger for nausea and vomiting: a systematic review of randomized clinical trials." British journal of anaesthesia **84**(3): 367-371.

Faivre, C., R. Lejeune, H. Staub and P. Goetz (2006). "Zingiber officinale Roscoe." Phytothérapie **4**(2): 99-102.

Farkas, J. (1998). "Irradiation as a method for decontaminating food: a review." International journal of food microbiology **44**(3): 189-204.

Ferenc, L., P. Zoltán, S. Bence and H. M. Szél (2016). "Agrochemical Effect Of Bacteria Fertilizer On Carrot (Daucus Carota L.) Cultivation." Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences **56**(8).

Fernandez, B., C. Le Lay, J. Jean and I. Fliss (2013). "Growth, acid production and bacteriocin production by probiotic candidates under simulated colonic conditions." Journal of applied microbiology **114**(3): 877-885.

Francou, C. (2003). Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains: Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage-Recherche d'indicateurs pertinents, INAPG (AgroParisTech).

Fuhrman, B., M. Rosenblat, T. Hayek, R. Coleman and M. Aviram (2000). "Ginger extract consumption reduces plasma cholesterol, inhibits LDL oxidation and attenuates development of atherosclerosis in atherosclerotic, apolipoprotein E-deficient mice." The Journal of nutrition **130**(5): 1124-1131.

GAOUAR, N. (2011). "Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes."

Gardner, W. H. (1972). "Acidulants in food processing." Handbook of food additives: 225-270.

George, M. J. and L. V. Moiloa (2015). "Determination and comparison of physico-chemical properties of home-made juices in Lesotho and commercial juice available in the local markets." American Chemical Sciences Journal **5**(3): 247-252.

Ghasemzadeh, A., H. Z. Jaafar and A. Rahmat (2010). "Elevated carbon dioxide increases contents of flavonoids and phenolic compounds, and antioxidant activities in Malaysian young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe.) varieties." Molecules **15**(11): 7907-7922.

Graça, A., E. Esteves, C. Nunes, M. Abadias and C. Quintas (2017). "Microbiological quality and safety of minimally processed fruits in the marketplace of southern Portugal." Food Control **73**: 775-783.

Grimi, N., I. Praporscic, N. Lebovka and E. Vorobiev (2007). "Selective extraction from carrot slices by pressing and washing enhanced by pulsed electric fields." Separation and Purification Technology **58**(2): 267-273.

Guillén, S., J. Mir-Bel, R. Oria and M. L. Salvador (2017). "Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots." Food chemistry **217**: 209-216.

Hammad, A., H. Abd-El-kalek, R. Abd-El-kader and K. Youssef (2012). "Microbiological nutritional and sensorial changes in fresh carrot juice preserved by irradiation."

Haq, R.-u. and K. Prasad (2015). "Nutritional and processing aspects of carrot (*Daucus carota*)—A review." South Asian Journal of Food Technology and Environment **1**: 1-12.

Hashem, H., A. Sharaf, S. Amira and G. Ibrahim (2014). "Changes in physico-chemical quality and volatile compounds of orange-carrot juice blends during storage." Food Science and Quality Management **33**: 21-35.

Hsieh, C.-W. and W.-C. Ko (2008). "Effect of high-voltage electrostatic field on quality of carrot juice during refrigeration." LWT-Food Science and Technology **41**(10): 1752-1757.

Iqbal Hussain, A. H., M. A. Rashid (2016). "Estimation of Vitamin C in Carrot Before Cooking and After Cooking." Food and Nutrition Sciences

**Vol. 4,(4): 108-112.**

Islam, K., A. A. Rowsni, M. M. Khan and M. S. Kabir (2014). "Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) extracts against food-borne pathogenic bacteria." International Journal of Science, Environment and Technology **3(3)**: 867-871.

Jabbar, S., M. Abid, B. Hu, T. Wu, M. M. Hashim, S. Lei, X. Zhu and X. Zeng (2014). "Quality of carrot juice as influenced by blanching and sonication treatments." LWT-Food Science and Technology **55(1)**: 16-21.

James, I. F. (2003). AD03F La conservation des fruits et des légumes, Agromisa Foundation.

Janiszewska-Turak, E., N. Dellarosa, U. Tylewicz, L. Laghi, S. Romani, M. Dalla Rosa and D. Witrowa-Rajchert (2017). "The influence of carrier material on some physical and structural properties of carrot juice microcapsules." Food chemistry.

Jiao, X., J. Zhu, J. Huang and Q. Dong (2017). "Microbiological Risk Assessment in Food." Food Safety in China: Science, Technology, Management and Regulation: 287-305.

Khandare, V., S. Walia, M. Singh and C. Kaur (2011). "Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: processing effects on antioxidant composition and color." Food and Bioproducts Processing **89(4)**: 482-486.

Khodaie, L. and O. Sadeghpour (2015). "Ginger from ancient times to the new outlook." Jundishapur journal of natural pharmaceutical products **10(1)**.

Kiuchi, F., S. IWAKAMI, M. SHIBUYA, F. HANAOKA and U. SANKAWA (1992). "Inhibition of prostaglandin and leukotriene biosynthesis by gingerols and diarylheptanoids." Chemical and Pharmaceutical Bulletin **40(2)**: 387-391.

Koch, W. and M. C. Holthausen (2015). A chemist's guide to density functional theory, John Wiley & Sons.

Leahu, A., C. Damian, N. Carpiuc, M. Oroian and M. Avramiuc (2013). "Change in colour and physicochemical quality of carrot juice mixed with other fruits." Journal of Agroalimentary processes and technologies **19**: 241-246.

Levy, C. (2010). Principaux facteurs influençant l'efficacité de la lumière pulsée pour la décontamination des microorganismes pathogènes et d'altération des denrées alimentaires, Université d'Avignon.

Lobstein, T. (2004). "Suppose we all ate a healthy diet?" EUROHEALTH-LONDON- **10(1)**: 8-12.

Ma, J., X. Jin, L. Yang and Z.-L. Liu (2004). "Diarylheptanoids from the rhizomes of *Zingiber officinale*." Phytochemistry **65**(8): 1137-1143.

Macheix, J.-J., A. Fleuriet and C. Jay-Allemand (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, PPUR Presses polytechniques.

Mafart, P. (1991). "Génie industriel alimentaire(Tome I, Les procédés physiques de conservation)."

Manu, D. K. (2016). Antimicrobial activity of cinnamaldehyde or geraniol alone or combined with high pressure processing to destroy escherichia coli O157: H7 and salmonella enterica in juices, Iowa State University.

Marinova, D., F. Ribarova and M. Atanassova (2005). "Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables." Journal of the university of chemical technology and metallurgy **40**(3): 255-260.

Martínez-Flores, H. E., M. G. Garnica-Romo, D. Bermúdez-Aguirre, P. R. Pokhrel and G. V. Barbosa-Cánovas (2015). "Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage." Food chemistry **172**: 650-656.

Martins, A., L. Salgueiro, M. Goncalves, A. P. Cunha, R. Vila, S. Canigual, V. Mazzoni, F. Tomi and J. Casanova (2001). "Essential oil composition and antimicrobial activity of three Zingiberaceae from S. Tome e Principe." Planta Medica **67**(06): 580-584.

Mathlouthi, M. (2001). "Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs." Food control **12**(7): 409-417.

Medjoudj, H. and M. Zidoune (2008). "Etude du comportement au séchage du cardon." Revue des Energies Renouvelables (SMSTS'08 Alger): 285-300.

Mihajlovic, B., B. Dixon, H. Couture and J. Farber (2013). "Évaluation Qualitative des Risques Microbiologiques que Comportent les jus non Pasteurisés de Pomme et D'autres Fruits."

Miller, A. L. (1996). "Antioxidant flavonoids: structure, function and clinical usage." Alt Med Rev **1**(2): 103-111.

Molyneux, P. (2004). "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity." Songklanakarin J. Sci. Technol **26**(2): 211-219.

Morelle-Lauzanne, E. (2006). "L'alimentation, le stress oxydatif: Sources de lipoperoxydation, comment s'en protéger." Phytothérapie **4**(5): 234-240.

Murkovic, M., U. Mülleder and H. Neunteufl (2002). "Carotenoid content in different varieties of pumpkins." Journal of Food Composition and Analysis **15**(6): 633-638.

Ojewole, J. A. (2006). "Analgesic, antiinflammatory and hypoglycaemic effects of ethanol extract of *Zingiber officinale* (Roscoe) rhizomes (Zingiberaceae) in mice and rats." Phytotherapy Research **20**(9): 764-772.

Olalude, C., F. Oyedeji and A. Adegboyega (2015). "Physico-Chemical Analysis of *Daucus Carota* (Carrot) Juice for possible industrial applications." IOSR Journal of Applied Chemistry **8**(8): 110-113.

Pancharoen, O., U. Prawat and P. Tuntiwachwuttikul (2000). "Phytochemistry of the zingiberaceae." Studies in Natural Products Chemistry **23**: 797-865.

PARK, Y. W. (1987). "Effect of freezing, thawing, drying, and cooking on carotene retention in carrots, broccoli and spinach." Journal of Food Science **52**(4): 1022-1025.

Patterson, M. F., A. M. McKay, M. Connolly and M. Linton (2012). "The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and safety of carrot juice during refrigerated storage." Food microbiology **30**(1): 205-212.

Pellerin, P. (1994). "Le gingembre: production et analyse." Parfums, cosmétiques, arômes(117): 70-73.

PELLETIER, C. (2009). "Mesure de turbidité." Techniques de l'ingénieur. Mesures et contrôle(R2355).

Penna, S., M. Medeiros, F. Aimbire, H. Faria-Neto, J. Sertie and R. Lopes-Martins (2003). "Anti-inflammatory effect of the hydralcoholic extract of *Zingiber officinale* rhizomes on rat paw and skin edema." Phytomedicine **10**(5): 381-385.

Pham-Huy, L. A., H. He and C. Pham-Huy (2008). "Free radicals, antioxidants in disease and health." Int J Biomed Sci **4**(2): 89-96.

Picouet, P. A., C. Sárraga, S. Cofán, N. Belletti and M. D. Guàrdia (2015). "Effects of thermal and high-pressure treatments on the carotene content, microbiological safety and sensory properties of acidified and of non-acidified carrot juice." LWT-Food Science and Technology **62**(1): 920-926.

Platel, K. and K. Srinivasan (2004). "Digestive stimulant action of spices: a myth or reality?" Indian Journal of Medical Research **119**(5): 167.

Popovici, C., I. Saykova and B. Tylkowski (2010). "Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH."

Poulin, M., R. Bel-Rhliid, Y. Piché and R. Chenevert (1993). "Flavonoids released by carrot (*Daucus carota*) seedlings stimulate hyphal development of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the presence of optimal CO<sub>2</sub> enrichment." Journal of chemical ecology **19**(10): 2317-2327.

Raji, Y., U. Udoh, O. Oluwadara, O. Akinsomisoye, O. Awobajo and K. Adeshoga (2002). "Anti-inflammatory and analgesic properties of the rhizome extract of *Zingiber officinale*."

Ramos, A. and A. Ibarz (1998). "Density of juice and fruit puree as a function of soluble solids content and temperature." Journal of Food Engineering **35**(1): 57-63.

Ramos, B., F. Miller, T. R. Brandão, P. Teixeira and C. L. Silva (2013). "Fresh fruits and vegetables—an overview on applied methodologies to improve its quality and safety." Innovative Food Science & Emerging Technologies **20**: 1-15.

Rashidian, A., S. Mehrzadi, A. R. Ghannadi, P. Mahzooni, S. Sadr and M. Minaiyan (2014). "Protective effect of ginger volatile oil against acetic acid-induced colitis in rats: a light microscopic evaluation." Journal of integrative medicine **12**(2): 115-120.

Ravindran, P. and K. N. Babu (2016). Ginger: the genus *Zingiber*, CRC press.

Reiter, M., M. Stuparić, S. Neidhart and R. Carle (2003). "The role of process technology in carrot juice cloud stability." LWT-Food Science and Technology **36**(2): 165-172.

Renard, C. M. and F. Guillon "et boissons dérivées."

Rodier, J., L. Bernard and M. Nicole (2005). "L'Analyse de l'eau: Eaux Naturelles." Eaux Résiduaires, Eau de Mer. 8th ed. by Dunod, DL, Paris.

Rodrigo, D., J. Arranz, S. Koch, A. Frígola, M. Rodrigo, M. Esteve, C. Calvo and M. Rodrigo (2003). "Physicochemical characteristics and quality of refrigerated Spanish orange-carrot juices and influence of storage conditions." Journal of food science **68**(6): 2111-2116.

Rodriguez-Amaya, D. B. and M. Kimura (2004). HarvestPlus handbook for carotenoid analysis, International Food Policy Research Institute (IFPRI) Washington.

Schultz, A. K., D. M. Barrett and S. R. Dungan (2014). "Effect of acidification on carrot (*Daucus carota*) juice cloud stability." Journal of agricultural and food chemistry **62**(47): 11528-11535.

Seaforth, C., T. Tikasingh, M. Gupta and G. St Rose (2008). "A study for the development of a handbook of selected Caribbean herbs for industry."

Sharma, H. K., J. Kaur, B. C. Sarkar, C. Singh and B. Singh (2009). "Effect of pretreatment conditions on physicochemical parameters of carrot juice." International journal of food science & technology **44**(1): 1-9.

Sharma, K. D., S. Karki, N. S. Thakur and S. Attri (2012). "Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review." Journal of food science and technology **49**(1): 22-32.

Shivhare, U., M. Gupta, S. Basu and G. Raghavan (2009). "Optimization of blanching process for carrots." Journal of food process engineering **32**(4): 587-605.

Song, H.-P., D.-H. Kim, C. Jo, C.-H. Lee, K.-S. Kim and M.-W. Byun (2006). "Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice." Food Microbiology **23**(4): 372-378.

Standard, B. and B. ISO (2004). "Sensory Analysis—Methodology—Triangle test." BS ISO 4120: 2004.

Stephan, K. (2013). Viscosity of dense fluids, Springer Science & Business Media.

Strickler, K. M., A. K. Fremier and C. S. Goldberg (2015). "Quantifying effects of UV-B, temperature, and pH on eDNA degradation in aquatic microcosms." Biological Conservation **183**: 85-92.

Tejasari, D. (2007). "Evaluation of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Bioactive Compounds in Increasing the Ratio of T-cell Surface Molecules of CD3+ CD4+: CD3+ CD8+ In-Vitro." Malaysian journal of nutrition **13**(2): 161-170.

Thomson, M., K. Al-Qattan, S. Al-Sawan, M. Alnaqeeb, I. Khan and M. Ali (2002). "The use of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as a potential anti-inflammatory and antithrombotic agent." Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids **67**(6): 475-478.

Tirilly, Y. and C. M. Bourgeois (1999). Technologie des légumes, Editions Tec & Doc.

Torregrosa, F., M. Esteve, A. Frígola and C. Cortés (2006). "Ascorbic acid stability during refrigerated storage of orange–carrot juice treated by high pulsed electric field and comparison with pasteurized juice." Journal of Food Engineering **73**(4): 339-345.

Tripathi, S., D. Bruch and D. S. Kittur (2008). "Ginger extract inhibits LPS induced macrophage activation and function." BMC complementary and Alternative Medicine **8**(1): 1.

Tsao, R. (2010). "Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols." Nutrients **2**(12): 1231-1246.

Turkmen, N., F. Sari and Y. S. Velioglu (2005). "The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables." Food chemistry **93**(4): 713-718.

Ushimaru, P. I., M. T. N. d. Silva, L. C. Di Stasi, L. Barbosa and A. Fernandes Junior (2007). "Antibacterial activity of medicinal plant extracts." Brazilian Journal of Microbiology **38**(4): 717-719.

Vasco, C., K. Riihinen, J. Ruales and A. Kamal-Eldin (2009). "Phenolic compounds in Rosaceae fruits from Ecuador." Journal of agricultural and food chemistry **57**(4): 1204-1212.

Villeneuve, F. and J. Leteinturier (1992). La Carotte: guide pratique, Centre Technique Interprofessionnel des fruits et légumes.

Vora, H., W. Kyle and D. Small (1999). "Effect of enzyme treatment of carrot pulp on juice yield and quality." Food Australia: official journal of CAFTA and AIFST.

Vora, H. M. (2001). Quality optimisation of carrot juice, Victoria University of Technology.

Waghray, K., S. Gulla, C. S. Kumar, M. P. Kumar and A. A. Kumar (2012). "Sensory Quality and Acceptability of Fresh Juices." Stud Home Com Scie **6**(3): 179-181.

Walker, N. W. and N. Gassie (1999). Votre santé par les jus frais de légumes et de fruits, Diffusion Différente.

Xanthakis, E. and V. Valdramidis (2016). "Impact of heating operations on the microbial ecology of foods." Quantitative Microbiology in Food Processing: Modeling the Microbial Ecology: 117-141.

Yilmaz, K. U., Y. Zengin, S. Ercisli, S. Serce, K. Gunduz, M. Sengul and B. M. Asma (2009). "Some selected physico-chemical characteristics of wild and cultivated blackberry fruits (*Rubus fruticosus* L.) from Turkey." Rom Biotech Lett **14**(1): 4152-4163.

Zancan, K. C., M. O. Marques, A. J. Petenate and M. A. A. Meireles (2002). "Extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) oleoresin with CO<sub>2</sub> and co-solvents: a study of the antioxidant action of the extracts." The Journal of Supercritical Fluids **24**(1): 57-76.

Zhang, D. and Y. Hamazu (2004). "Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.)." Journal of Food Agriculture and Environment **2**: 95-100.

Zhang, H. (2009). "Electrical properties of foods." Food Engineering-Volume I: 110.

Zhang, Y., X. Liu, Y. Wang, F. Zhao, Z. Sun and X. Liao (2016). "Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing." Innovative Food Science & Emerging Technologies **33**: 135-144.



Zhao, L., Y. Wang, D. Qiu and X. Liao (2014). "Effect of ultrafiltration combined with high-pressure processing on safety and quality features of fresh apple juice." Food and bioprocess technology **7**(11): 3246-3258.

Zhou, C. X., X. Y. Zhang, X. W. Dong, Q. F. Tao, H. Dou, R. P. Zhang, K. X. Huang, X. K. Li, C. X. Chen and S. Zeng (2007). "Three new diarylheptanoids and their antioxidant property." Chinese Chemical Letters **18**(10): 1243-1246.

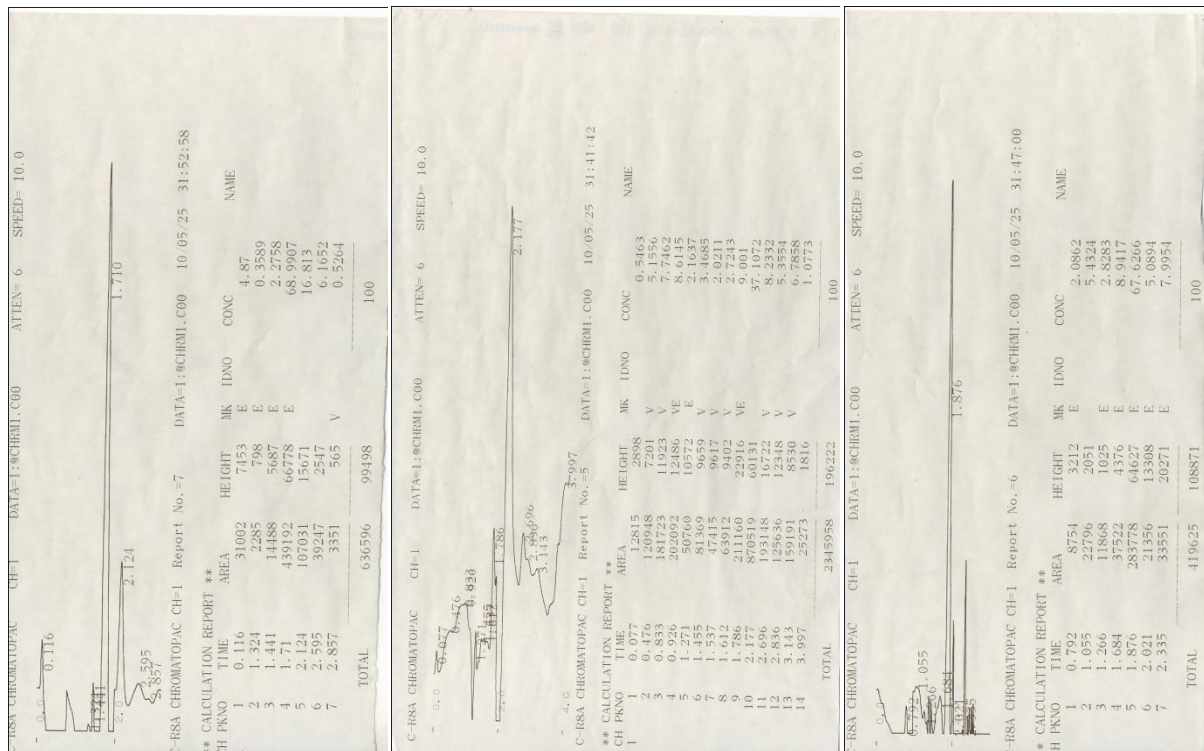
Zhu, S., C. Wang, H. S. Ramaswamy and Y. Yu (2017). "Phase transitions during high pressure treatment of frozen carrot juice and influence on Escherichia coli inactivation." LWT-Food Science and Technology **79**: 119-125.

Zou, Y. and A. Jiang (2016). "Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice." Food Science and Technology (Campinas) **36**(1): 111-115.

# *Annexes*

<b>Composant</b>	<b>Valeur nutritionnelle</b>
Énergie	20 kcal, 80 kJ
Hydrates de carbone	1 7,7 7g
Sucres	1,7 g
Fibres alimentaires	2 g
Graisses	0,75g
Protéines	1,82g
<b>Minéraux</b>	<b>Valeur nutritionnelle</b>
Calcium	16mg
Fer	0,6mg
Magnésium	43mg
Phosphore	34mg
Potassium	415mg
Zinc	0,34mg
<b>Vitamines</b>	
Riboflavine (vit. B2)	0,034 mg
Niacine (vit. B3)	0,075 mg
Acide pantothénique (vit. B5)	0,203mg
Pyridoxine (vit. B6)	0,16mg
Acide folique (vit. B9)	11µg
Vit. C	5mg

**Annexe 01** : Composition moyenne de gingembre pour 100g de la racine de la racine brute (Gigon., 2012).



- 2 -

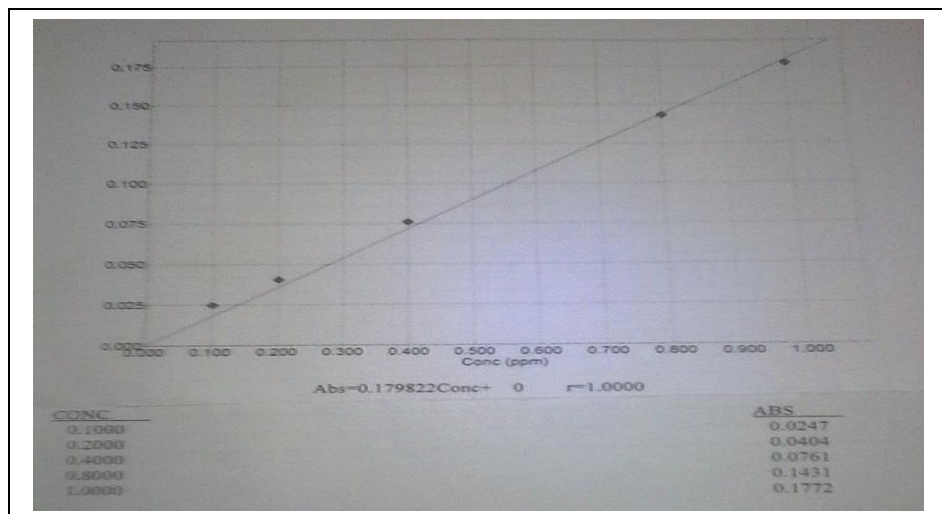
- 3 -

- 4 -

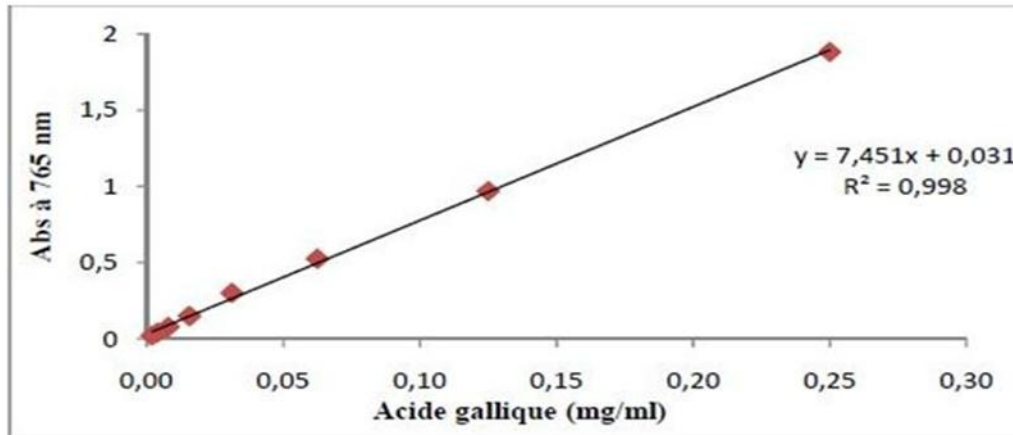
**Annexe (02) courbes détalonnages pour les dosages de sucres.**

Avec :

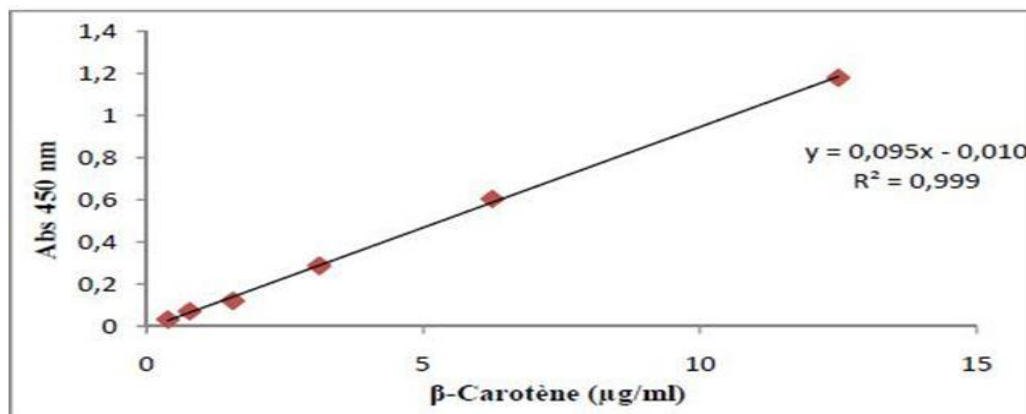
- 2- Courbe d'étalonnage de fructose
- 3- Courbe d'étalonnage de glucose
- 4- Courbe d'étalonnage de saccharose



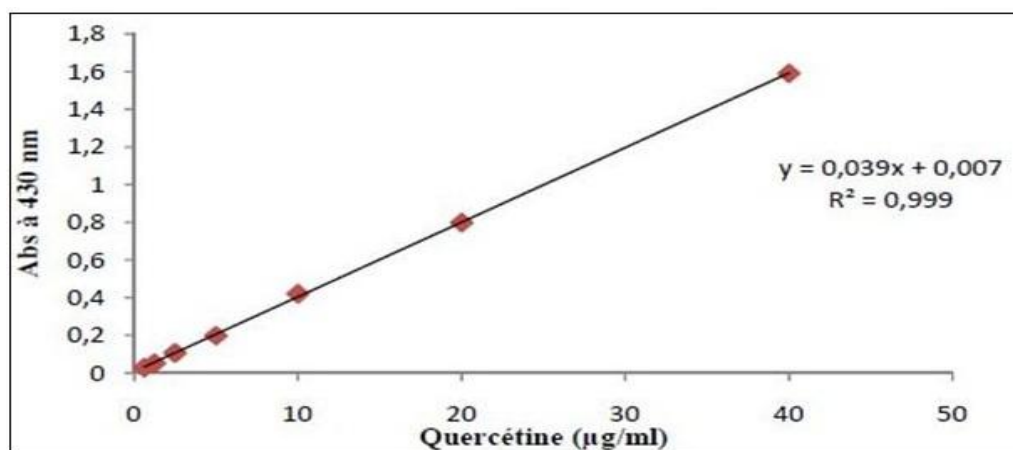
**Annexe 03 : Courbe d'étalonnage pour le dosage du cuivre et du zinc**



**Annexe 04** Courbe d'étalonnage pour la quantification des polyphénoles



**Annexe 05** Courbe d'étalonnage pour la quantification des carotanoides



**Annexe 06** : Courbe d'étalonnage pour la quantification des flavonoïdes

*Date :*

*Age :*

*Sexe :*

### *Test triangulaire*

On vous a remis trois échantillons de jus de carotte, deux sont identiques et un différent. Goûtez les échantillons énumérés ci-dessous et inscrivez un crochet à côté du numéro de code de l'échantillon différent.

<i>jAG</i>	
<i>Code</i>	<i>L'échantillon différent</i>
312	
400	
199	

<i>JSG</i>	
<i>Code</i>	<i>L'échantillon différent</i>
263	
466	
300	

**Annexe 7:** teste triangulaire

Date :

Age :

Sexe :

Analyse hédoniqueJSG

CIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Arôme									
Apparence									
Couleur									
Saveur									
Gout									
Acceptabilité globale									

JAG

CIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Arôme									
Apparence									
Couleur									
Saveur									
Gout									
Acceptabilité globale									

Interprétation :

1 : Je n'aime pas du tout, 5 : Acceptable, 9 : J'aime beaucoup

**Annexe 8 : teste triangulaire**

---

Réalisé par :

**Belibel Elhassen**

**Bouarroudj Salah**

Encadré par :

**M.Boubezari MT**

Date de soutenance :

01 juillet 2017

---

## **Fabrication et contrôle de qualité d'un jus de carottes au gingembre « sans sucre ajouté »**

---

### **Résumé**

Le but de cette étude est de fabriquer un jus de carottes sans sucre pour des fins diététiques. Deux types de jus ont été fabriqués au laboratoire dont un est supplémenté de gingembre. Plusieurs paramètres ont été mesurés pour évaluer leur qualité physicochimique y compris l'humidité, les cendres totaux et le dosage du cuivre et zinc, ainsi que la teneur en protéines. Le degré Brix et la teneur en fructose, glucose et saccharose étaient bas. L'activité antioxydante a été mesurée ainsi que les teneurs en vitamine C, polyphénols et flavonoïdes. L'analyse microbiologique a démontré que le nombre de germes est resté inférieure à  $10^5$  ufc/ml pendant 7j, mais de point de vue organoleptique, les jus restent consommables pendant 2 jours. Le jus avec gingembre était plus apprécié au cours de l'analyse sensorielle.

Mots clés : Carottes, gingembre, sucre, activité antioxydante.

---

### **Abstract**

The purpose of this study is to produce a sugar-free carrot juice for dietary purposes. Two types of juices have been made in the laboratory, one of them was supplemented with ginger. Several parameters were measured to evaluate their physicochemical quality including moisture, total ash and copper / zinc assay, as well as protein content. The Brix level and the fructose, glucose and sucrose content were low. The antioxidant activity was measured as well as the contents of vitamin C, polyphenols and flavonoids. The microbiological analysis showed that the number of germs remained below  $10^5$  cfu / ml for 7 days, but from an organoleptic point of view, the juices remain consumable for 2 days. The juice with ginger was more appreciated during the sensory analysis.

Key words: Carrots, ginger, sugar, antioxidant activity.

---

### **المخلص**

الغرض من هذه الدراسة هو صناعة عصير جزر بدون سكر من أجل أغراض غذائية. تم إنتاج نوعين من العصير في المختبر حيث ادهم اضيف له الزنجبيل. العديد من خصائص جودته تمت قياستها و ذلك من أجل تحديد نوعيته الفيزيوكيميائية المتضمنة قياس كمية الرطوبة، المواد المعدنية بصفة عامة و النحاس و الزنك تحديداً، و كذلك كمية البروتين. كمية المادة الصلبة المنحلة و كمية سكر الفركتوز، الغلوكوز و السكاروز كانت منخفضة. تم كذلك قياس النشاط المضاد للاكسدة و قيمة الفيتامين س، البوليفينول و الفينولات. المراقبة الميكروبيولوجية بينت لنا أن عدد الميكروبات بقي اقل من  $10^5$  خلال سبعة أيام، و من جهة نظر تحليلية حسية، بقي العصير محافظاً على جودته بعد يومين من إنتاجه. العصير اللذي تمت إضافة الزنجبيل له قديم أفضل من اللذي لم تتم إضافة الزنجبيل له خلال التحليل الحسي. الكلمات المفتاح : الجزر، الزنجبيل، السكر، النشاط المضاد للاكسدة

---