

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbès
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Biologie

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Intitulé

Dosage de l'activité anti-oxydante d'un jus de légume frais
préparé par deux méthodes

Présenté Par : Melle **Djeffal Bochra**

Soutenu le : 15/09/2020

Devant l'honorable jury composé de :

Président : Mme MEZIANI Samira

Examineur : Mme DEMMOUCHE Abbassia

Encadreur: Mr Mai Abdessalem Hicham

MCA/UDL SBA

Professeur/UDL SBA

MCB/UDL SBA

Année universitaire

2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

*Tout d'abord je tiens à remercier DIEU le tout puissant de m'avoir
donné le courage et la
Volonté de terminer ce travail.*

*J'exprime toute ma gratitude à mon encadreur Mr. MAI
Abdessalem Hichem pour les efforts fournis, les conseils prodigués,
ainsi que pour sa patience et sa persévérance.*

*Je tiens à remercier Mme. Meziani .S de m'avoir fait l'honneur de
présider le jury de ma soutenance.*

*Je remercie très sincèrement les membres du jury qui ont accepté de
juger ce travail*

*J'adresse également mes remerciements à tous mes enseignants qui
m'ont donné les bases de la science.*

*Je tiens à témoigner mon respect et ma reconnaissance aux membres
du
Laboratoire de Biochimie appliquée
Laboratoire d'immunologie
pour avoir mis à ma disposition tous les moyens nécessaires à la
réalisation de ce travail*

*Je tien à remercier profondément tous ceux qui ont contribué de
prés ou de loin à l'accomplissement de ce modeste travail de
recherche.*

Dédicace

Au bon dieu qui m'a donné la force et le courage de continuer et qui m'a éclairé le chemin tout le long de ma vie.

A celle m'a offert la clé de la réussite sur un plan d'or et qui ne cesse de donner sans recevoir, ma chère grande mère maternelle, et à mon cher oncle Youcef qui m'a toujours encouragé et soutenu.

À mes très chers parents.

A ma chère tante maternelle Noura

A mes très chers frères, Islam, Othmane, Adam, et aussi très chers sœurs Asma, Aya

A toute ma famille

A mes chères amies et à tous mes camarades de la promotion de master biochimie.

A tous qui contribué de près ou de loin à me remonter le morale et me soutenir dans les moments difficiles.

Résumé

Introduction : La carotte est l'un des légumes le plus couramment utilisé par l'homme en raison de sa richesse de différents antioxydants (polyphénols, caroténoïdes, flavonoïdes...etc.) qui peuvent inhiber les effets néfastes des radicaux libres sur l'organisme humain, elle est consommée régulièrement à l'état cru, cuit ou sous forme de jus.

Objectif : Le but de cette étude était d'évaluer et comparer les propriétés physicochimiques, les activités antioxydantes et leur teneur en jus de légume préparés par deux méthodes.

Méthodes : Les jus de carotte ont été préparés à l'aide d'une centrifugeuse et un blender. Puis leurs teneurs en polyphénols totaux ont été évalué par le réactif de Folin-ciocalteu, la quantification des flavonoïdes par le procédé au trichlorure d'aluminium et hydroxyde de sodium, et celle des tannins condensés par la méthode à la vanilline. L'activité antioxydante a été testée par la méthode du piégeage des radicaux libres DPPH.

Résultats : Pour les propriétés physico-chimiques le blender donne meilleur résultat pour le rendement et le volume (308ml) par contre la centrifugeuse donne bon résultat en ce qui concerne le taux des solides solubles(7,9°B)et il n'y a pas une différence significative de pH(centrifugeuse = 6,66, blender = 6,81).Pour les composés phénoliques les concentrations des phénols totaux de jus de blender et centrifugeuse sont de : 16,03±1,66 mg (E.A.G) /g MS, 9,047±0,18 mg (E.A.G) /g MS respectivement et pour les flavonoïdes le blender a donné 24,94±5,88 mg (E.Q) /g MS, et la centrifugeuse 4,40±1,72 mg (E.Q) /g MS.

Conclusion : L'activité antioxydante du jus de blender était supérieure à celle du jus de centrifugeuse. Ensemble, ces résultats suggèrent que le blender est supérieur à la centrifugeuse pour la préparation de jus de carotte frais.

Mots clés : jus de légume, activité antioxydants, carotte, blender, centrifugeuse, polyphénols, flavonoïdes.

Abstract

Introduction: Carrots are one of the most common vegetables used by humans. Due to its richness in different antioxidants (polyphenols, carotenoids, flavonoids, etc.) which can inhibit the harmful effects of free radicals in the human body. It is regularly consumed raw, cooked or as a juice.

Objective: The aim of this study was to evaluate and compare the physicochemical properties, the antioxidant activities and their content in vegetable juice prepared by two methods.

Methods: Carrot juices were prepared using a juicer and blender. Then we evaluated its total polyphenol contents by the Folin-ciocalteu reagent, the quantification of flavonoids by the aluminum trichloride and sodium hydroxide method, and that of the condensed tannins by the vanillin method. Antioxidant activity was tested by the DPPH free radical scavenging method.

The results: For the physicochemical properties the blender gives better results for the yield and the volume (308 ml) on the other hand the centrifuge gives good result as regards the rate of soluble solids (7.9 ° B) and there is not a significant difference in pH (centrifuge = 6.66, blender = 6.81). For phenolic compounds the concentrations of total phenols in the blender and centrifuge juice are: 16.03 ± 1.66 mg (EAG) / g MS, 9.047 ± 0.18 mg (EAG) / g MS respectively, and for flavonoids the blender gave 24.94 ± 5.88 mg (EQ) / g MS, and the centrifuge 4.40 ± 1.72 mg (EQ) / g MS.

Conclusion: The antioxidant activity of blender juice was higher than that of centrifuge juice. Together, these results suggest that the blender is superior to the centrifuge for the preparation of fresh carrot juice.

Keywords: vegetable juice, antioxidant activity, carrot, blender, centrifuge, polyphenols, flavonoids.

ملخص

مقدمة: الجزر من أكثر الخضروات التي يستخدمها الإنسان شيوعا. بسبب غناه بمضادات الأكسدة المختلفة (البوليفينول، الكاروتينات، الفلافونويد... إلخ) التي يمكن أن تمنع الآثار الضارة للجذور الحرة على جسم الإنسان.

يتم استهلاكها بشكل منتظم نيئة أو مطبوخة أو كعصير.

الهدف: الهدف من هذه الدراسة هو تقييم ومقارنة الخواص الفيزيائية والكيميائية وأنشطة مضادات الأكسدة ومحتواها في عصير الخضار المحضر بطريقتين.

الطريقة: تم تحضير عصير الجزر باستخدام عصارة وخلط. ثم قم بتقييم محتواه الكلي من مادة البوليفينول بواسطة كاشف فولين سيوكالتو، وتقدير كمية مركبات الفلافونويد بواسطة طريقة ثلاثي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم، ومحتوى التنا المكثفة بطريقة الفانيلين. تم اختبار النشاط المضاد للأكسدة بواسطة طريقة مسح الجذور الحرة DPPH.

النتائج: بالنسبة للخصائص الفيزيائية والكيميائية، يعطي الخلط نتائج أفضل للمحصول والحجم (308 مل) ومن ناحية أخرى يعطي جهاز الطرد المركزي نتائج جيدة فيما يتعلق بمعدل المواد الصلبة الذائبة (7.9 درجة ب) ولا يوجد فرق كبير في الأس الهيدروجيني (الطرد المركزي = 6.66، الخلط = 6.81). بالنسبة للمركبات الفينولية، فإن تراكيزات الفينولات الكلية في الخلط وعصير الطرد المركزي هي: 1.66 ± 16.03 مغ (EAG) / غ $9.047 \pm MS$ ، 0.18 مغ (EAG) / غ MS على التوالي والفلافونويد أعطى الخلط 5.88 ± 24.94 مغ (EQ) / غ MS، والطرد المركزي 1.72 ± 4.40 مغ (EQ) / غ MS.

الخلاصة: كان النشاط المضاد للأكسدة لعصير الخلط أكبر من نشاط عصارة العصير. تشير هذه النتائج مجتمعة إلى أن الخلط أفضل من العصارة لصنع عصير الجزر الطازج.

الكلمات المفتاحية: عصير نباتي، نشاط مضاد للأكسدة، جزر، خلط، عصارة، بوليفينول، فلافونويد.

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

Chapitre I : Généralité sur les légumes

I.1. Les légumes : 3

I.1.1. Généralité : 3

I.1.2. Propriétés : 3

I.1.3. Les légumes et les antioxydants : 3

I.1.4. Importance nutritionnel : 4

I.2. Carotte : 4

I.2.1. Définition : 4

I.2.2. Origine : 5

I.2.3. Morphologie : 5

I.2.4. Les Variétés 5

I.2.5. La composition et effet sur la santé : 7

I.2.6. Valeur nutritive : 7

I.2.7. Les effets protecteurs de la carotte : 8

I.3. Jus de légume : 11

I.3.1. Définition : 11

I.3.2. Qualités nutritionnelles : 11

I.3.3. Production mondiale du jus de légume : 12

I.3.4. Jus de carotte : 12

Chapitre II : activité antioxydant

II.1. Radicaux libres : 13

II.1.2. Nature des radicaux libre :	13
II.1.3. Rôles des radicaux libres :	13
II.2. Stress oxydative.....	14
II.2.1. Définition :	14
II.2.2. Origine :	14
II.2.3. les pathologies liées au stress oxydatif :	17
II.3. Les antioxydants.....	19
II.3.1. Définition:	19
II.3.2. Classification :	20
II.3.2.1. Les antioxydants endogènes :	20
II.3.2.2. Les antioxydants exogènes :	21
II.3.2.2.1. Les oligo-éléments :	21
II.3.2.2.2. Vitamines antioxydants :	21
II.3.2.2.3. Les composées phénoliques :	23
II.3.2.2.4. Propriétés biologique et intérêt des polyphénols :	28

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Présentation des étapes de préparation de jus et les analyses appliqués :	32
III.2. Analyses physico-chimiques :	34
III.3. Dosage des antioxydants :	35
III.3. Détermination d'Activités Antioxydants :	37

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.Résultats :	39
IV.1. Résultats des analyses physicochimiques :	39
IV.2. Résultats de dosages des composés phénoliques :	42
IV.1. Les analyses physicochimiques :	43
IV.2. Les composés phénoliques :	45
IV.3. Activités Antioxydants :	45

Conclusion	47
-------------------------	----

Références bibliographiques.....	48
----------------------------------	----

Liste des abréviations

°B: degré de brix

°C : Degré Celsius.

4-HNE: 4-hydroxynonéal

ADN : Acide Desoxyribo-nucléique.

AlCl₃ : Trichlorures d'aluminium.

ARN : Acide ribonucléique

CAT : Catalase

COX : Cyclooxygénase

DPPH : 1,1- Diphényl- 2- Picryl- Hydrazyl.

ERO : Espèce Réactive de l'Oxygène.

GPx: Glutathion Peroxyde.

GSH : Glutathion réduit.

GSSG : Glutathion oxydé

HCl : Chlorure d'hydrogène.

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice de 50% du radical de DPPH.

LDL : lipoprotéines Low densité

MDA :Malondialdéhyde

Mg EAG/g : Milligramme équivalent acide gallique par gramme.

Mg EC/g : Milligramme équivalent catéchine par gramme.

Mg : Milligramme.

Na₂CO₃ : Carbonate de Sodium.

NaNO₂ : Nitrite de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

Nm : Nanomètre.

NOS:NO synthase

pH :potentiel d'hydrogène

SOD: Superoxyde dismutase

UV : Ultra-violet

µl : Microlitre

Liste des figures

Figure 1 : Coupe longitudinale d'une carotte (Villeneuve, 1999).....	6
Figure 2 : Production mondiale de jus de légume (FAO, 2013).....	12
Figure 3 : Oxydation des lipides (Eymard, 2003).....	15
Figure 4 : Nature de quelques modifications des chaînes latérales d'acides aminés des protéines après attaque radicalaire (Favier, 2003).	16
Figure 5 : Lésions de l'ADN, l'attaque radicalaire (Favier, 2003).....	17
Figure 6 : Structures de quelques caroténoïdes (Tapiero <i>et al.</i> , 2004).	22
Figure 7 : Structures chimiques des acides phénoliques (Manach <i>et al.</i> , 2004).	24
Figure 8 : Structure d'un tanin hydrolysable et d'un tanin condensé (Guignard, 1996).	25
Figure 9 : Squelette de base des flavonoïdes (Chira <i>et al.</i> , 2008). En bleu ciel, pont 3 carbonés ; en bleu médian, partie provenant de la voie de l'acide shikimique ; en bleu foncé, partie provenant de la voie de « l'acétate. »	26
Figure 10 : Structure de flavones (Boelens <i>et al.</i> 2001).	26
Figure 11 : Structure des flavonols (Roland, 2010).....	26
Figure 12 : Structure de flavanones (Nijveldt <i>et al.</i> 2001).	27
Figure 13 : Structure de flavan-3,4-diols (Marfak, 2003).....	27
Figure 14 : Structure des anthocyanines (Cyanidine) (Rauha, 2001).....	28
Figure 15 : Photo de la variété de carotte (<i>Daucus carota</i>).	32
Figure 16 : Photographie du mixeur	32
Figure 17 : Photographie de la centrifugeuse	33
Figure 18 : Technique de la préparation de jus de carotte	33
Figure 19 : Photographie d'un réfractomètre.....	34
Figure 20 : Photographie d'un pH mètre.	35
Figure 21 : Photographie de l'étuve	36
Figure 22 : Photographie des solutions d'extrait.	36
Figure 23 : Forme libre et réduite du DPPH (Parejo <i>et al.</i> , 2002).	38
Figure 24 : Teneur en polyphénols des jus de carotte.....	40
Figure 25 : Teneur en flavonoïdes des jus de carotte	41

Liste des tableaux

Tableau 1 :La composition de la carotte (Mazarine E, 2006).	7
Tableau 2 : Caractéristiques physicochimiques des jus de carotte :.....	39
Tableau 3 : La teneur en polyphénols dans différents extraits :.....	39
Tableau 4 : La teneur en flavonoïdes dans différents extraits.	40

Introduction

Des molécules pro-oxydantes appelées radicaux libres ou espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont produites quotidiennement dans l'organisme. Ces dernières sont cependant contrôlées par les antioxydants. Un stress oxydatif survient lorsque l'équilibre est rompu en faveur des radicaux libres. Toutefois, une production excessive de ces molécules réactives ou une insuffisance des mécanismes antioxydants peut déséquilibrer la balance oxydant/antioxydant (**Papazian et al. 2008 ; Christophe et al. 2011**).

Ce dernier est à l'origine de plusieurs maladies, telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer, le diabète ou autres. (**Aruoma, 2003**).

Pour échapper aux conséquences du stress oxydant, il est nécessaire de rétablir l'équilibre antioxydants/pro-oxydants par une consommation suffisante d'antioxydants (**Ghedira, 2005**).

Les fruits et légumes contiennent beaucoup de vitamines essentielles, d'antioxydants (caroténoïdes, flavonoïdes), de minéraux, de fibres et d'eau. Les nutritionnistes recommandent de manger au moins cinq portions de fruits et légumes par jour (**Pincemail et al, 2007**).

La carotte en particulier est une source de vitamine A et de caroténoïdes ; le β -carotène constitue 60 à 80 % des caroténoïdes de la carotte suivi de l' α -carotène (10-40 %), de la lutéine (1-5 %) et les autres caroténoïdes en quantités mineures (0,1-1 %) (**Sun et Temelli, 2006**).

La carotte est l'un des légumes le plus consommé régulièrement à l'état cru, cuit ou sous forme de jus pour sa richesse en caroténoïdes (**Zhang et Hamauzu, 2004**).

Il existe bien des façons de consommer la carotte, le jus est un moyen fabuleux d'avoir accès à toutes les vertus de santé que possède la carotte.

La présente étude comprend deux parties principales :

La première partie est une synthèse bibliographique comportant des rappels sur les légumes et la description de légume utilisé pour la présente étude, et l'activité antioxydant.

La deuxième partie de ce travail est une étude expérimentale qui a pour objectif: la comparaison de l'activité antioxydants des jus de légume de carotte préparés par deux méthodes (par blender et centrifugeuse) selon les trois étapes suivantes:

- En première étape, les analyses physicochimiques ; le pH, le taux de solides solubles et l'acidité.

- En deuxième étape, le dosage des différents antioxydants ; composés phénoliques totaux, flavonoïdes, et tannins condensés des jus de légume.
- En troisième étape, dosage de la capacité antioxydants (activité anti-radicalaire) des différents jus.

Partie théorique

Chapitre I : Généralité sur les légumes

I.1. Les légumes :

I.1.1. Généralité :

Le terme « légume » désigne un ensemble de végétaux de natures botaniques différentes: des feuilles, des racines, des fruits, des tiges, des fleurs, que l'homme est approprié, a cultivé, travaillé, et consommé (**Depezay, 2006**).

La majorité des populations consomment des légumes. La seule exception notable concerne les habitants des régions arctiques, avant l'introduction des légumes transformés qui permettent leur conservation.

Les légumes représentent une part importante, à la fois quantitativement et qualitativement, de notre alimentation. 300 à 400 g par jour de légumes sont recommandés, et la diversité est de mise, car, en plus d'une palette gustative variée, les légumes ont des vertus nutritionnelles différentes en fonction de leur nature, leur couleur, leur aspect. Les teneurs minérales ou vitaminiques peuvent varier de 1 à 10, et certaines substances sont spécifiques en fonction des variétés de légumes (**Depezay, 2006**).

I.1.2. Propriétés :

Les légumes sont consommés pour leur goût (avec un rôle de condiments) et leur valeur nutritionnelle. La teneur en micronutriments est d'une importance capitale, mais dans de nombreux cas les macronutriments (glucides, protéines, les lipides) contribuent largement à la valeur nutritionnelle des repas. Les nutriments représentant des composants essentiels du régime alimentaire figurent dans les articles de synthèse sur les espèces (**Grubben, 2004**).

I.1.3. Les légumes et les antioxydants :

Les études d'intervention visant à montrer qu'une alimentation riche en fruits et légumes à une incidence positive sur les taux plasmatiques en antioxydants sont très diversifiées et surtout concluantes.

L'ensemble des études épidémiologiques dans diverses régions du globe montre indéniablement que la consommation de fruits et légumes entraîne une augmentation significative de la concentration plasmatique en antioxydants, dont la vitamine C et divers

caroténoïdes comme l'α- et le β-carotène, la lutéine et le lycopène (**Le Marchand L et al ; 1994- Steptoe A et al ; 2003**).

Ainsi, il a été montré que la consommation de trois à huit portions de fruits et légumes par jour permet, après deux semaines, d'augmenter significativement la concentration plasmatique en vitamine C et en β-carotène de 72,8 et 53 %, respectivement (**Zino, 1997**).

I.1.4. Importance nutritionnelle :

Chaque légume fournit un ensemble d'éléments nutritifs, dans des proportions, qui lui sont propres. Cependant, de ce point de vue, les légumes partagent certaines caractéristiques :

- Ils fournissent un ensemble de vitamines et de minéraux, particulièrement la vitamine A sous forme de carotène, la vitamine B6, la vitamine C et l'acide folique ainsi que le potassium, le fer, le magnésium et le calcium.
- Ils sont riches en eau, soit 80 à 95 % de leur composition.
- Ils fournissent des fibres solubles et insolubles.
- Ils sont pauvres matières grasses, à l'exception de l'avocat et de l'olive.
- Ils sont généralement pauvres en protéines, en calories et, étant d'origine végétale, ne contiennent pas de cholestérol. (**Québec Amérique, 1999**).

I.2. Carotte :

I.2.1. Définition :

La carotte (*Daucus carota L.*) est le principal légume racine cultivé dans le monde après la pomme de terre (**Villeneuve et al, 1992**). Est une plante bisannuelle de climats tempérés, appartenant à la famille des Apiacées (*Apiaceae*), anciennement appelée famille des Ombellifères. Cette vaste et complexe famille comprend environ 445 genres et 3 700 espèces (**Downie et Katz-Downie, 1996**).

La carotte se présente sous forme de fleurs en ombelle, caractérisée par la présence de bractées qui sont des petites feuilles sous l'ombelle pouvant être absentes dans certains genres, présence d'une racine pivotante et de canaux sécréteurs et /ou résines (**Carbiener, 2010**).

La carotte est une plante de taille moyenne, développée en organe de réserve, charnue, cassante, pigmentée agréable au goût et non ramifiée (Reduron, 2007)

I.2.2. Origine :

Les premières carottes, qui étaient blanches, pourpres, et jaunes, ont été cultivées en Afghanistan et puis apportées à la zone Méditerranéenne. Les carottes orange d'aujourd'hui descendent des carottes Hollandais-multipliées et ont été développées aux Etats-Unis depuis des époques coloniales. La Californie produit environ 60 % de la récolte des Etats-Unis, dont 25 % entre dans la production des carottes mini-épluchées. (Dalton, 2002).

Classification botanique

- Ordre : Apiales
- Famille : Apiaceae
- Genre : Daucus
- Espèce : Daucus carota
- Sous-Espèce : Daucus carota subsp. Sativus

I.2.3. Morphologie :

La partie comestible de la carotte est en fait, la racine principale de la plante. Il est possible de différencier, à l'intérieur d'une racine mature, plusieurs zones (figure 1).

a) **Le périderme:** une zone très mince à l'extérieur, véritable épiderme de la racine (Mazza, 1989).

b) **Le phloème:** une zone intermédiaire où les sucres sont stockés (Mazza, 1989), dénommée dans le langage courant « chair de la carotte » (Villeneuve, 1999).

c) **Le cambium vasculaire :** c'est un anneau mince constitué de cellules génératrices.

d) **Le xylème:** correspond à la zone centrale de la racine (Villeneuve, 1999).

I.2.4. Les Variétés

Le monde des carottes est extrêmement diversifié tant au niveau des couleurs, des formes que des durées de cycles végétatifs. La classification de la carotte fait intervenir principalement la forme et la couleur, mais il existe de nombreux cas intermédiaires. Actuellement, le principal critère permettant de distinguer les variétés est la longueur de la racine:

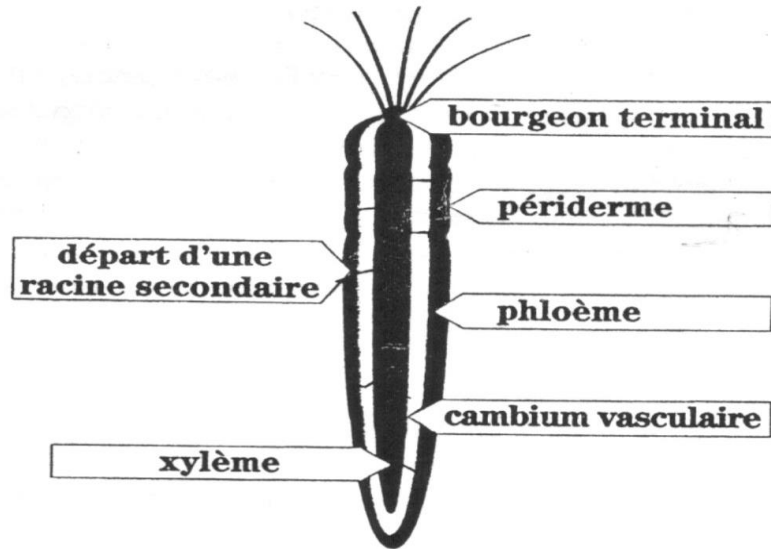


Figure 1 : Coupe longitudinale d'une carotte (Villeneuve, 1999).

I.2.4.1. Les carottes rouges ou carottes à forcer :

Ce sont des carottes rondes, lisses, tendres, pointues de couleur rouge et récoltées du début du mois de mai jusqu'à la fin du mois de juin avec une taille qui ne dépasse pas 10 cm (**Crété, 1965**). Ce groupe comprend les variétés primeurs: carotte Parisienne, carotte Grelot, carotte Daventure, carotte de Hollande, carotte Amsterdam et carotte Saint Facre (**Villeneuve, 1999**).

I.2.4.2. Les Carottes demi-longues:

Ce groupe est subdivisé en deux catégories :

- Les carottes précoces d'été.
- Les carottes demi longues principales

Ce groupe reste le plus représenté en cultures maraîchères. Les racines sont de forme cylindrique, droites, lisses et de taille moyenne 10 à 20 cm (**Crété, 1965**). Ces variétés récoltées en été ou en automne, sont très tendres et présentent un goût doux.

La première variété rentrant dans ce groupe semble être la carotte "Early Half long Harn". Carotte demi-longue Nantaise, carotte Croissy, carotte Touchon, carotte demi-longue de Carentan, carotte demi-longue Deluc, carotte demi-longue Chantenay (**Villeneuve, 1999**).

I.2.4.3. Les carottes longues:

Elles sont cylindriques, lisses, moins tendres et moins sucrées que les carottes demi-longues (Mazza, 1989). Ce groupe, plus rustique, comprend les carottes tardives et de conservation hivernale telles que la carotte rouge longue de Saint-Valery, la carotte Calmar, la carotte Berlikum, la carotte Flakkée et la carotte de Meaux. Le type initial est la variété longue orange à racine longue, de 25 à 30 cm (Villeneuve, 1999).

I.2.5. La composition et effet sur la santé :

Le tableau n°1 regroupe la composition biochimique moyenne dans 100 g de la carotte.

Tableau 1 :la composition de la carotte(Mazarine E, 2006).

Composants(g)	Moyennes
Calories(Kcal)	33
Protides	0.8
Lipides	0.3
Glucides	6.7
Vitamine C (mg)	10
Ca	30
K	300
P	25
Fe	0.3

La carotte contient des vitamines : A, B1, B2, C, provitamine A (carotène) et des corps minéraux : calcium, acide phosphorique, sodium et magnésium, potassium, oxyde de fer et arsenic.

- la vitamine A (axérophtol) : sa carence conduit à l'amaigrissement par dénutrition, au dessèchement phanères (ongles, poils....), à des troubles d'ordres divers (nervosisme, anxiété, maux de tête.....)
- la vitamine B1 (thiamine) : nécessaire à la formation d'une diastase permettant la dégradation du glucose dans les cellules.la vitamine B2 (riboflavine) : participe à l'équilibre des fonctions de nutrition et à la respiration des tissus.
- la vitamine C (acide ascorbique) : maintient la cohésion des cellules dans les tissus organiques et contribue à assurer leur nutrition.

- la provitamine A (carotène) : indispensable à la croissance et même à la vie, elle stimule les sur rénales, surtout lors de la grossesse, pendant laquelle elle active la destruction des toxines provenant des contractions musculaires de l'utérus.
(Rymond d, 1998).

I.2.6. Valeur nutritive :

La carotte est une excellente source de caroténoïdes, des pigments qui colorent le légume, possèdent des propriétés anti-oxydantes et permettent la formation de la vitamine A dans le corps. Le contenu en caroténoïdes de la carotte diffère selon la variété ; les carottes pourpres étant celles qui en contiennent le plus suivi des carottes orange, rouges, jaunes et blanches. La carotte pourpre est la seule à contenir des anthocyanes, des composés antioxydants qui lui confèrent sa couleur particulière. Le contenu en glucides serait quant à lui similaire d'une variété à l'autre ; la perception d'un goût sucré serait néanmoins plus élevée avec la carotte pourpre. La consommation d'aliments riches en caroténoïdes serait reliée à un moindre risque de développer certaines maladies dues au vieillissement tels le cancer et les maladies cardiovasculaires.(Québec, 2013).

I.2.7. Les effets protecteurs de la carotte :

Plusieurs études épidémiologiques ont montré une corrélation négative entre la consommation des fruits et légumes et l'apparition de certains cancers, certaines maladies cardiovasculaires et les maladies liées au vieillissement comme la cataracte (Cao *et al.*, 1998 ; Kocaet *al.*, 2007). L'effet bénéfique des fruits et légumes est dû à leur richesse en antioxydants tels que les caroténoïdes, les polyphénols et les vitamines (ascorbate et tocophérols) (Ou *et al.*, 2002 ; Alsalvaret *al.*, 2005).

La carotte est l'un des légumes le plus consommé régulièrement à l'état cru, cuit ou sous forme de jus pour sa richesse en caroténoïdes (α - et β -carotène) ayant une activité provitamine A et un rôle important dans la protection contre ces maladies (Zhang et Hamauzu, 2004). Les fibres contenues dans la carotte sont particulièrement bien acceptés par l'organisme et moins agressives que celles des céréales. Ce qui fait que la consommation des carottes est favorable dans le cas des gastrites et d'ulcères permettant de combattre les acidoses aiguës ou chroniques (Villeneuve, 1999).

I.2.7.1. Protection contre le cancer :

De nombreux travaux scientifiques ont montré que les caroténoïdes participent dans la lutte contre le cancer des poumons, du sein et de la prostate, mais aussi des tumeurs de l'estomac, de l'intestin ou de l'œsophage (**De Groot, 1998**). Cette protection se fait par plusieurs mécanismes :

-Protection de l'ADN contre les dommages causés par les radicaux libres, grâce à leurs propriétés antioxydantes.

-Effet immunomodulateur c'est à dire renforcent le système immunitaire en cas de tumeur et facilitent la communication cellulaire (**Krinsky et Johnson, 2005**).

-Effet inhibiteur de la différenciation et de la prolifération cellulaire dû à leur activité provitamine A. De nombreux caroténoïdes incluant l' α -carotène, le β -carotène et le β -cryptoxanthine ont la capacité d'être converti en vitamine A (**Barth et al., 1995 ; Gayanthari, 2004 ; Hornero-Méndez et Mínguez-Mosquera, 2007**).

La conversion des caroténoïdes provitamine A en rétinol se fait principalement dans la muqueuse intestinale par l'intervention d'enzymes. L'activité de ces enzymes de conversion dépend du taux de protéines dans le régime alimentaire. Le rétinol formé est traité de la même façon que la vitamine A alimentaire (1 μ g de β -carotène est équivalent à 1 μ g rétinol). Cependant, la cuisson des légumes peut causer une isomérisation des caroténoïdes *All-Trans* en forme *Cis* et les isomères *Cis* possèdent une faible activité provitamine A (**Scott et Rodriguez-Amaya, 2000**).

Longnecker et al. (1997) dans leur étude ont constaté que les femmes qui consomment de la carotte ou d'épinards deux fois ou plus par semaine avaient 44 % moins de risque d'avoir un cancer du sein que celles qui n'en consomment pas. De même, **Nkordjock et Ghadirian (2004)** ont montré qu'une consommation d'aliments riches en caroténoïdes (carotte) et en acides gras essentiels réduit le risque d'apparition du cancer du sein. **Slattery et al. (2000)** ont constaté une relation inverse entre la consommation d'aliments riches en lutéine (carotte) et le risque de développer le cancer de colon.

I.2.7.2. Protection contre les maladies cardiovasculaires :

Les maladies cardiovasculaires sont la principale cause de mortalité dans les pays occidentaux. L'athérosclérose est une maladie inflammatoire de la paroi artérielle, d'origine lipidique. Elle est due à l'oxydation des LDL (Low Density Lipoprotein) au niveau des espaces sous endothéliales. Les LDL oxydées ne sont plus reconnues par les récepteurs des LDL natives, mais reconnues par les récepteurs scavenger des macrophages, qui une fois accumulées entraînent la formation d'athéromes responsables des maladies cardiovasculaires (**Lecerf, 1999**).

Plusieurs composants sont présents dans les fruits et légumes impliqués dans la protection contre cette maladie comme la vitamine C, les flavonoïdes (**Pool-Zobelet al., 1997; Van Den Berg et Van Vliet, 1998**) et les caroténoïdes (**Bubet al., 2000; Voutilainen et al., 2006**). Ces substances influencent le développement d'une maladie cardiovasculaire par la prévention de l'oxydation des LDL riches en cholestérol dans les artères (**Osganian et al., 2003**).

De très nombreuses études épidémiologiques ont établi une corrélation inverse entre la consommation des fruits et légumes et la survenue des maladies cardiovasculaires.

Deux études récentes ont montré que la consommation de la carotte chez l'animal augmentait la capacité antioxydante et le taux de la vitamine E dans le sang (**Nicolle et al., 2003**) ; en plus, elle diminue le taux de cholestérol et de triglycérides dans le foie et dans le sang (**Nicolle et al., 2004**).

Nicolle et al. (2004) ont également rapporté qu'une consommation simultanée de fibres et de caroténoïdes, tous les deux présents dans la carotte pourrait optimiser l'effet protecteur de ce légume car il a été démontré que certains types de fibres pouvaient exercer un effet hypocholestérolémiant et prévenir le processus d'athérosclérose chez l'animal et chez l'homme.

I.2.7.3. Protection contre la cataracte :

La cataracte est une opacité du cristallin ou de sa membrane entraînant une diminution de la vision et peut même conduire à une cécité (**Brown et al., 1999**). Le cristallin est un organe exposé à tous les troubles du métabolisme au cours du vieillissement. C'est l'accumulation des dommages sur l'ADN qui rend inutilisables les cellules épithéliales agressées par les agents chimiques (tabac) ou physiques (Ultra-

Violets). La réparation des dommages causés sur l'ADN des cellules épithéliales dépendra en partie de facteurs nutritionnels parmi lesquels figurent les antioxydants (**Lecerf, 1999**).

Chasan-Taberet al. (1999) ont remarqué une réduction de 22 % du risque de la cataracte chez les femmes consommant les aliments riches en lutéine et en zéaxanthine que celles qui n'en consomment pas.

De même, **Brown et al. (1999)** ont constaté que le risque de la cataracte diminue avec un taux de 19 % chez les hommes ayant consommé les aliments riches en lutéine et en zéaxanthine.

Une autre étude entreprise par **Mozaffariehet al. (2003)** a montré qu'un régime riche en caroténoïdes particulièrement en lutéine et zéaxanthine apparaît avoir un effet bénéfique dans la protection des tissus de la rétine.

I.3. Jus de légume :

I.3.1. Définition :

Le jus est un liquide sucré riche en vitamines provient des fruits ou légumes ou bien les deux, dans notre cas on a préparé un jus à base de carotte.

Le jus de légume est le produit naturel provenant de la pression des légumes frais, sains et mûrs, non fermentés (**CODEX STAN, 1991**).

I.3.2. Qualités nutritionnelles :

Les jus de fruits et légumes présentent un grand intérêt nutritionnel grâce aux sels minéraux (potassium, calcium, magnésium) et aux vitamines (exemple : vit C) qu'ils contiennent, malgré la pasteurisation qu'il est nécessaire de leur faire subir pour leur assurer une bonne conservation. Les jus de fruits et légumes sont nutritifs et rafraichissants. Coupés d'eau fraîche, ils sont plus désaltérants (**Arthur, 1986**).

La haute teneur des jus de légume en substances minérales et en vitamine détermine la croissance continue de leur production et de leur consommation (**Benamara et al ,2003**).

I.3.3. Production mondiale du jus de légume :

La figure 2 représente la production mondiale de jus de légume durant la période allant de 2009 à 2013.

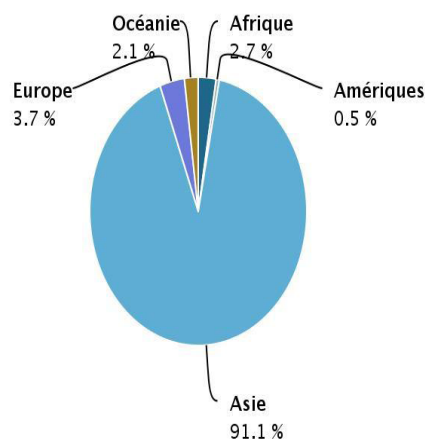


Figure 2 : Production mondiale de jus de légume (FAO, 2013)

I.3.4. Jus de carotte :

En fonction de l'état de santé de chacun, le jus de carotte cru peut être consommé tout le temps en quantités raisonnables, soit de 50cl à 300 ou 400 cl par jour. Il a pour effet d'aider à la normalisation du système tout entier. Il représente la plus riche source de vitamine A que le corps humain puisse assimiler rapidement, et assure une importante provision de vitamines B, C, D, E, G, et K. Il ouvre l'appétit et facilite la digestion. A condition qu'il soit extrait correctement de carottes crues fraîches, propres et de bonne qualité (Norman W, 2002).

Chapitre II : activité antioxydant

II.1. Radicaux libres :

II.1.1. Définition :

Un radical libre est défini comme toute molécule possédant un ou plusieurs électrons non appariés (**Jacques et André., 2004**), cette molécule est très instable et réagit rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir la stabilité, une réaction en chaîne débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui arrachant son électron, et la molécule attaquée devient elle-même un radical libre (**Martinez-Cayuela, 1995**).

II.1.2. Nature des radicaux libre :

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule. (**Favier ; 2003**).

II.1.3. Rôles des radicaux libres :

Le paradoxe des radicaux libres en biologie est qu'ils constituent des espèces extrêmement dangereuses, susceptibles d'engendrer un nombre considérable de maladies, tout en étant des espèces indispensables à la vie. Ils remplissent en effet de très nombreuses fonctions utiles qui, à part la phagocytose, ont été découvertes récemment. Les radicaux libres participent au fonctionnement de certaines enzymes, à la transduction de signaux cellulaires, à la défense immunitaire contre les agents pathogènes, à la destruction par apoptose des cellules tumorales, au cycle cellulaire, à la différenciation cellulaire, à la régulation de la dilatation capillaire, au fonctionnement de certains neurones et notamment ceux de la mémoire, à la fécondation de l'ovule, à la régulation des gènes, phénomène appelé contrôle redox des gènes (**Favier ; 2003**), à la production énergétique, au règlement de la croissance des cellules et à la signalisation intracellulaire (**Ardestaniet Yazdanparast, 2007 ; Touafek, 2010; Marfak, 2011**).

II.2. Stress oxydative :

II.2.1. Définition :

Le stress oxydatif est caractérisé par un déséquilibre entre la production des espèces radicalaires et les capacités de défense antioxydant de l'organisme. (Beaudeau, 2011) La production d'espèces réactives de l'oxygène est utile mais peut être néfaste pour l'organisme lors d'une production excessive et en l'absence de mécanismes de défense. C'est ce que l'on appelle le stress oxydatif. Celui-ci peut favoriser la survenue de pathologies (cancers, maladies cardiovasculaires, maladies dégénératives) ainsi qu'un vieillissement prématuré. (Belaïch, et Boujraf, 2016) une des principales fonctions déclenchées par le stress oxydatif est la mort cellulaire programmée ou apoptose.

II.2.2. Origine :

Ce déséquilibre peut avoir de multiples origines. Elle peut provenir suite à une défaillance nutritionnelle ou de la carence en un ou plusieurs des antioxydants apportés par la nutrition comme les vitamines ou oligoéléments, ou d'une surproduction endogène des EROs et à l'exposition environnementale des facteurs pro-oxydants (Favier, 1997).

II.2.2.1. Effet du stress oxydant sur les molécules biologiques :

II.2.2.1.1. Lipides :

Les cibles des ERO sont principalement les acides gras polyinsaturés, en raison de la présence de nombreuses doubles liaisons. Les réactions radicalaires sont à l'origine de la peroxydation lipidique qui se traduit in vitro par le rancissement (Auberval, 2010).

La plupart du temps, c'est l' OH^- qui initie le processus en subtilisant un hydrogène radicalaire sur la chaîne alkyle des acides gras (Paradis, 2010).

La peroxydation lipidique passe par trois étapes (figure 3).

Etape 1 : Initiation :

Consiste à l'arrachement par le radical libre d'un atome d'hydrogène d'un groupement méthylène ($-\text{CH}_2-$) surtout s'il est adjacent à deux doubles liaisons. Le radical formé est stabilisé par résonance.

Etape 2 : propagation :

Débutent lorsqu'une molécule d'O₂ attaque le radical acide gras (AGPI°) pour former un radical peroxy (AGPI-OO°) qui peut arracher un H° à un autre donneur RH et créer un nouveau radical, qui s'oxydera et ainsi de suite.

Etape 3 : terminaison :

Consiste à la recombinaison de deux radicaux pour former des composés plus ou moins stables (Belkheiri, 2010).

La peroxydation des lipides fournit ainsi une grande variété de produits, dont certains peuvent réagir avec les protéines et l'ADN. Parmi les produits formés lors de la peroxydation lipidique, l'isoprène, le malondialdéhyde (MDA) et le 4-hydroxynonanal (4-HNE). Une fois fixé à la molécule d'ADN, le MDA semble être le produit le plus mutagène, alors que le 4-HNE est le plus toxique pour la cellule (Servais, 2004).

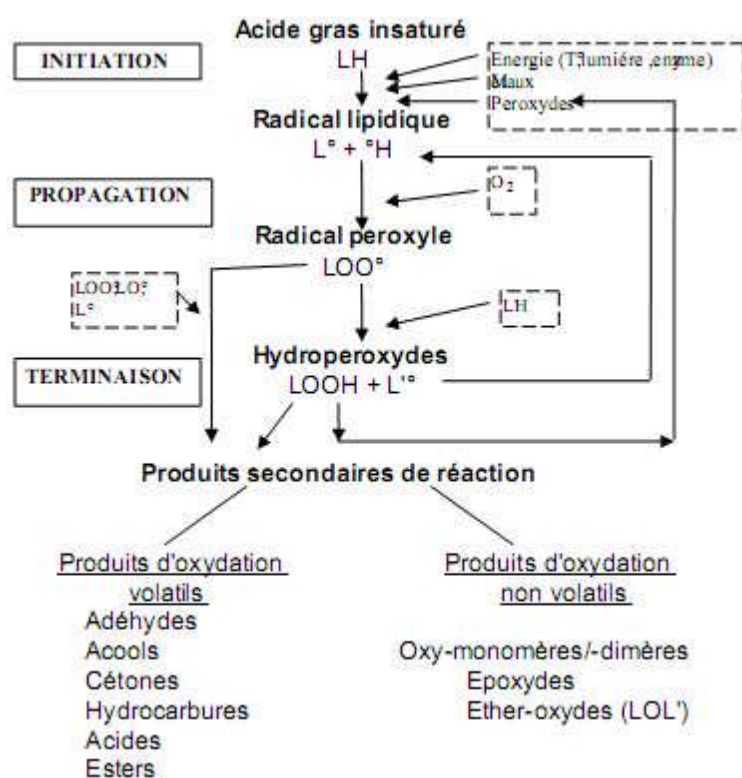


Figure 3 : Oxydation des lipides (Eymard, 2003).

II.2.2.1.2. Protéines :

A cause de leur abondance dans l'organisme, les protéines sont une cible importante des ERO (Massart, 2011). Les ERO peuvent attaquer différents éléments des protéines comme leurs groupements sulfhydryles (SH), les tyrosines (la formation de la

nitrotyrosine), dérivés carbonyles, La formation de pont disulfures additionnels, des changements dans l'activité enzymatique et de problèmes lors du transport membranaire sont quelques-unes des dysfonctions causées par l'oxydation des protéines (Roy, 2008).

Les dommages oxydatifs des acides aminés mènent à des modifications de la structure secondaire et tertiaire des protéines : dénaturation, fragmentation, formation d'agrégats (Gault, 2003).

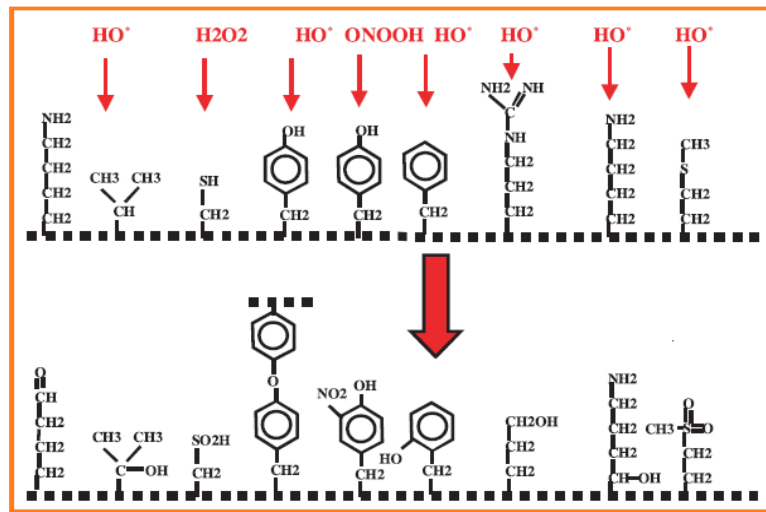


Figure 4 : Nature de quelques modifications des chaînes latérales d'acides aminés des protéines après attaque radicalaire (Favier, 2003).

II.2.2.1.3. Acide désoxyribonucléique (ADN) :

L'ADN est une molécule très sensible à l'attaque radicalaire, cinq classes principales de dommage oxydatif incitées par des OH. Peuvent être générées (Cadet *et al.*, 2002) ; Parmi elles :

- L'attaque directe des bases puriques et pyrimidiques engendre un grand nombre des bases modifiées, particulièrement la guanine qui est transformée en 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG).
- La formation d'un site abasique non fonctionnel suite à l'attaque de la liaison entre la base et le désoxyribose.
- L'oxydation du désoxyribose provoque une coupure de chaîne simple brin.
- L'agression radicalaire des protéines (histones), qui sont très nombreuses à entrer en contact avec l'ADN pour le protéger ou pour le lire (enzymes et facteurs de la réplication ou de la transcription), entraîne des pontages des protéines.

- La création d'adduits avec des dérivés de la peroxydation lipidique, tel que le malonaldehyde-guanine.

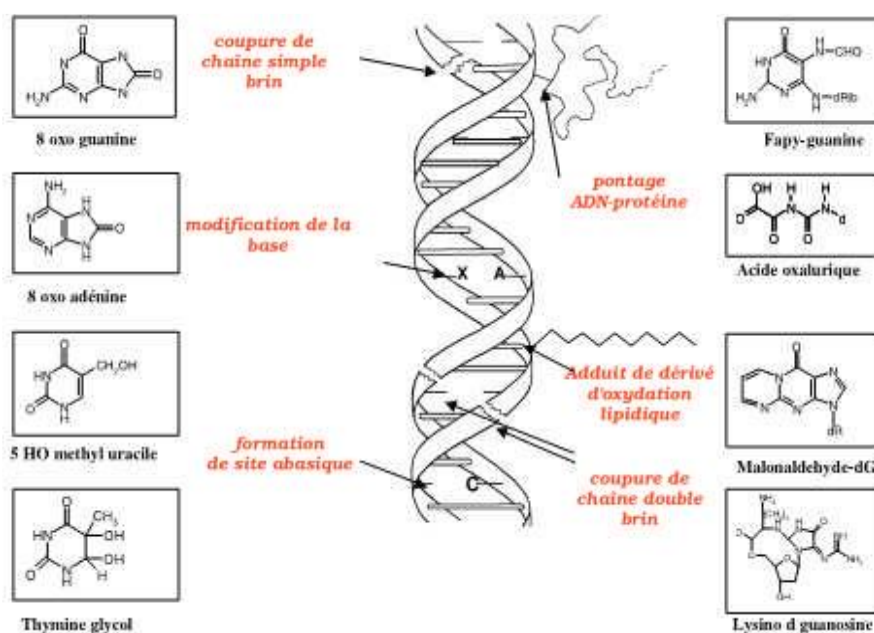


Figure 5 : Lésions de l'ADN, l'attaque radicalaire (Favier, 2003).

II.2.3. Les pathologies liées au stress oxydatif :

Le stress oxydant est impliqué dans de nombreuses pathologies :

II.2.3.1. Le vieillissement cellulaire :

La théorie radicalaire du vieillissement explique que les phénomènes de dégénérescence liés au vieillissement sont dus à l'accumulation d'éléments oxydés et à leurs conséquences sur l'organisme comme la peroxydation lipidique ou la carbonylation des protéines. Ainsi, plus l'âge augmente, plus les attaques radicalaires sur les différentes cibles biologiques seront importantes (**Harman, 1956**).

II.2.3.2. Le diabète :

Le diabète se traduit par une augmentation du glucose qui va entraîner l'activation de différentes voies dont la formation de produits de glycation avancés qui aboutissent à un stress oxydant à long terme. Les défenses antioxydantes sont diminuées et les réactions pro- oxydantes augmentées (production d'espèces réactives de l'oxygène, oxydation des lipides...). Cela va induire une destruction des cellules bêta du pancréas,

cellules sécrétrices d'insuline, ainsi qu'une altération de l'action de l'insuline qui vont provoquer une augmentation de glucose et donc du diabète (**Valko et al. 2007**).

II.2.3.3. Athérosclérose :

L'athérosclérose est une pathologie inflammatoire chronique multifactorielle qui se caractérise par un épaississement de la paroi des artères au niveau de l'intima.

Il est actuellement admis que l'athérosclérose est liée à la peroxydation des LDL qui conduit à la genèse de la plaque athéromateuse. En effet, ces LDL oxydées sont à l'origine de la transformation des macrophages en cellules spumeuses qui constituent les "stries lipidiques" et induisent la migration et la prolifération des cellules musculaires lisses dans l'intima qui évolueront en plaques athéromateuses surmontées par une couche fibrocellulaire dense (**Stentz, 2004**).

II.2.3.4. Maladies neurodégénératives :

Après avoir subi des stress oxydatifs, l'alpha-synucléine (protéine neuronale) semble être à l'origine de pathologies neurodégénératives. Dans les démences à corps de Lewy et dans les lésions cérébrales neurodégénératives, l'alpha-synucléine est retrouvée principalement sous forme nitrée, ce qui résulte de sa réaction avec des espèces radicalaires. (**Giasson, 2000**). De plus, l'augmentation des radicaux libres seraient impliqués plus ou moins directement dans le vieillissement cognitif. (**Barouki, 2006**).

II.2.3.5. Maladies rhumatismales :

Le stress oxydant active des voies de signalisation (protéine kinase C, kinases de stress) et des facteurs de transcription redox-sensibles comme NF-KB. Aussi, ces gènes sont impliqués dans les processus inflammatoires.

Parmi les facteurs impliqués dans l'arthrose, l'IL-1 β est l'une des cytokines les plus actives. Elle diminue l'expression du collagène et stimule la production de monoxyde de carbone qui aboutit à la formation d'ONOO- qui attaque directement les télomères de l'ADN du chondrocyte. (**Afonso et al. 2007**).

II.3. Les antioxydants :

II.3.1. Définition:

Les antioxydants sont des composés qui peuvent atténuer, inhiber ou prévenir l'oxydation des matières oxydables en éliminant les radicaux libres et en diminuant le stress oxydatif (**Kim et Lee., 2004**).

Les antioxydants sont classés selon différents critères :

- Leur origine : naturelle ou synthétique
- Leur nature : hydrosoluble ou liposoluble.
- Leur mode d'action : primaires ou secondaires.

Les antioxydants synthétiques :

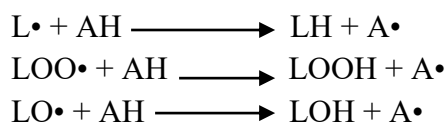
Les plus utilisés dans l'industrie agroalimentaire sont: butylatehydroxyanisole (BHA),butylatehydroxytoluène (BHT), propyle gallate et le tert butyle hydroxyquinone. Mais leur emploi est astreint à des règlements rigoureux à cause des soupçons qui planent sur leur toxicité (troubles hépatiques et cancers) (**Gulcin et al, 2004**).

Les antioxydants naturels :

Ils incluent des espèces chimiques différentes (composés phénoliques, vitamines...etc.) qui sont d'origine végétale pour la plupart (**Berger, 2005**).

Les antioxydants primaires :

Ils englobent les composés qui interfèrent avec l'auto-oxydation lipidique en convertissant les produits d'oxydation lipidiques ($L\cdot$, $LOO\cdot$, $LO\cdot$) en produits plus stables grâce à leur propriété de donneurs de protons actifs. Le radical ($A\cdot$) dérivé de l'antioxydant se convertit en produit stable:



Les antioxydants secondaires

Ce sont des composés qui retardent l'auto-oxydation lipidique selon différents modes d'action:

- absorption des radiations ultraviolettes.
- inactivation de l'oxygène singlet.
- chélation des métaux.
- décomposition des hydroperoxydes.

II.3.2. Classification :

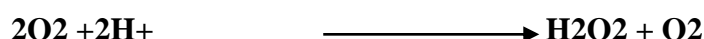
II.3.2.1. Les antioxydants endogènes :

II.3.2.1.1. Les antioxydants enzymatiques :

L'organisme possède des enzymes qui peuvent métaboliser les ERO (**Morena et al., 2002**). Les plus connues sont:

- **La superoxydedismutase (SOD) :**

Elle catalyse la dismutation de l'anion superoxyde en hydrogène peroxyde (H₂O₂) et en oxygène.



- **La glutathion peroxydase :**

Une enzyme à cofacteur de sélénium se localise dans le cytosol et la matrice mitochondriale. Elle a pour activité la dégradation des peroxydes organiques (ROOH) et du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (**Valkoet al., 2006**).



- **La catalase**

Cette enzyme est localisée essentiellement dans les peroxysomes (**Valkoet al., 2006**).

Elle permet de convertir deux molécules de H₂O₂ en H₂O et O₂.



II.3.2.1.2. Les protéines antioxydants :

La transferrine, la ferritine et la céruléoplasmine jouent un rôle antioxydant par chélation des ions (Curtay et Robin, 2000;Pincemail *et al.*, 2002). Ces chélateurs forment des complexes ou des composés de coordination avec les métaux. Ils inhibent ainsi le cycle redox du métal ont construisent des complexes métalliques insolubles (Cillard et Cillard, 2006).

II.3.2.2. Les antioxydants exogènes :

II.3.2.2.1. Les oligo-éléments :

Les oligo-éléments interviennent comme co-facteurs d'enzymes indispensables dans la lutte contre les radicaux libres. Parmi ces oligo-éléments on cite ; le zinc, le sélénium et le manganèse (Pastre, 2005).

II.3.2.2.2. Vitamines antioxydants :

Elles sont nécessaires pour la plupart des fonctions métaboliques du corps. Ils comprennent-vitamine C, la vitamine E, la vitamine A (Hamid *et al.*, 2010).

- **Acide ascorbique (vitamine C)**

L'acide ascorbique ou "vitamine C" est un antioxydant monosaccharide trouvé chez les animaux et les plantes. Comme l'une des enzymes nécessaires à la fabrication d'acide ascorbique a été perdue par mutation au cours de l'évolution humaine, il doit être obtenu à partir du régime alimentaire. L'acide ascorbique est un agent réducteur et peut réduire et ainsi neutraliser les espèces réactives de l'oxygène tel que le peroxyde d'hydrogène (Laguerre *et al.*, 2007).

- **Tocophérols et tocotriénols (vitamine E)**

La vitamine E est le nom collectif d'un ensemble de huit tocophérols et tocotriénols connexes, qui sont les vitamines liposolubles ayant des propriétés antioxydant. Il a été prétendu que la forme α -tocophérol est le plus important antioxydant liposoluble et qu'il protège les membranes de l'oxydation par réaction avec les radicaux lipidiques produits dans la réaction en chaîne de la peroxydation lipidique. Cela supprime les intermédiaires de radicaux libres et prévient la réaction de propagation de continuer. A partir de cette réaction, il y a la formation d'un produit oxydé tocophéroxyl radical qui peut

être recyclés de retour à la forme active réduite grâce à la réduction par d'autres antioxydants (Hamid *et al.*, 2010).

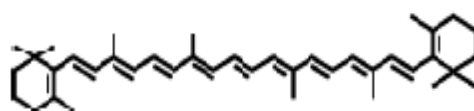
- **Caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des métabolites secondaires, c'est-à-dire des composés synthétisés par le végétal et ainsi nommés car supposés ne pas avoir un rôle essentiel dans leur métabolisme principal. Ce sont des pigments photosynthétiques d'apparence orangée ou jaune, liposolubles, appartenant à la famille des terpénoïdes (Jean-Baptiste, 2009).

Le point commun dans la structure des caroténoïdes est une longue chaîne polyénique comportant en moyenne 11 doubles liaisons conjuguées (Figure N°6). Ils regroupent deux classes de composés: les carotènes et les xanthophylles. Les carotènes sont des hydrocarbures polyéniques à 40 atomes de carbones (C40), tandis que Les xanthophylles comprennent au moins une fonction oxygénée (hydroxyle, époxyde, carbonyle ou carboxyle). Grâce à leur chaîne polyénique conjuguée, qui agit comme un chromophore, les caroténoïdes sont souvent responsables des couleurs vives de certains fruits et légumes. Cette chaîne est également responsable de l'instabilité des caroténoïdes vis-à-vis de l'oxydation, de la lumière et de la chaleur (Chanforan, 2010).



Canthaxanthine Lycopène



β - carotène

Figure 6 : Structures de quelques caroténoïdes (Tapiero *et al.*, 2004).

Le B-carotène est l'exemple type de caroténoïdes présentant une fonction provitaminique. Il subit une conversion enzymatique en vitamine A essentiellement dans l'intestin et le foie. Grâce à leur longue chaîne carbonée polyinsaturée, les caroténoïdes présentent une activité anti-radicalaire. Ils sont particulièrement efficaces contre l'oxygène singulet (état excité de l'oxygène).

Certains caroténoïdes favorisent la communication intercellulaire par « gap junctions », d'autres stimulent la synthèse d'une protéine intramembranaire : la connexine. D'autre part, ces molécules sont immunostimulantes, elles favorisent la différenciation et la prolifération des lymphocytes, augmentent le nombre et la toxicité de la cellule *Natural killer* (NK) et induisent la synthèse par les macrophages du *tumornecrosis factor* (TNF)(Derbel et Ghedira, 2005).

II.3.2.2.3. Les composées phénoliques :

➤ Définition :

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins (Nathalie et Jean-Paul, 2006).

Les principales sources alimentaires sont les fruits et légumes, des boissons comme le vin rouge, le thé, le café, les jus de fruits, les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. Les fruits et les légumes contribuent environ pour moitié à notre apport en polyphénols (Edeas, 2007).

Les polyphénols participent à leur défense contre les agressions environnementales. Ce sont des phytomicronutriments et généralement des pigments responsables des teintes automnales des feuilles et des couleurs des fleurs et fruits (jaune, orange, rouge). C'est une classe constituée d'environ 8 000 composés, divisés en plusieurs catégories qui sont les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins issus de la polymérisation des flavonoïdes, les lignanes qui, avec les isoflavones(Edeas, 2007).

➤ Classification :

1. Les acides phénoliques :

- Les dérivés de l'acide benzoïque ou les acides hydroxybenzoïques Tels que l'acide gallique, les gallotanins et les ellagitanins.

- Les dérivés de l'acide cinnamique ou les hydroxycinnamiques qui comprennent les acides pcoumarique, caféique, ferulique et sinapique qui sont des précurseurs d'anthocyanines (Manach *et al.*, 2004.).



Acide hydroxybenzoïque

R1=OH : Acide coumarique.

R = R2=OH : Acide caféique.

R1=OCH3 ; R2=OH : Acide ferulique

Acidehydroxycinnamique

R1=R2=OH ; R3=H : Acide protocatéchique.

R= R2=R3=OH : Acide gallique.

Figure 7 : Structures chimiques des acides phénoliques (Manach *et al.*, 2004).

Le pouvoir antioxydant des acides phénoliques réside dans leur capacité à piéger les radicaux libres.

2. Les tannins :

Le terme « tannin » a été utilisé à l'origine pour décrire des substances végétales capables de transformer des peaux d'animaux en cuirs (Cowan, 1999; Khanbabaee et Ree, 2001; Bennick, 2002; Koivikko, 2008; Rahim et Kassim, 2008). Aujourd'hui, le terme est largement utilisé pour décrire un sous-groupe de composés phénoliques qui sont produits sous forme de métabolites secondaires, par une multitude d'espèces végétales diversifiées. Leur poids moléculaire est de plus de 500 Daltons, ils sont solubles dans l'eau avec la capacité de précipiter les protéines (Hagerman *et al.*, 1998; Cowan, 1999; Toth et Pavia, 2001; Bennick, 2002; Koivikko *et al.*, 2005; Koivikko, 2008).

a. Les tannins hydrolysables :

Ce sont des oligomères ou des polymères de flavane-3-ol dérivés de la catéchine ou de son nombreux isomère (Figure N°8a) Ils ont la propriété de coaguler les protéines du derme, d'où leur utilisation dans le tannage des peaux (Cowan, 1999).

Les tanins hydrolysables sont classés en deux catégories :

- **Les gallotanins**: qui libèrent par hydrolyse, l'acide gallique et ses dérivés galloylés (depsides).
- **Les ellagitannins** qui libèrent par hydrolyse, l'acide gallique, et qu'accompagnent des acides tels que les acides éllagique, chébulique et valonique (Guignard, 1996).

b. Tanins condensés

Les tanins condensés (ou proanthocyanidines) sont des polymères d'unités flavanniques, le plus souvent liées entre elles par des liaisons C4-C8 (Figure N°8 b).

Les précurseurs sont des flavan-3ols (catéchine et épicatechine) et flavan-3,4 diols. Cette classe de tanins est la plus représentée dans le monde végétal, aussi bien chez les angiospermes que les gymnospermes et les ptéridophytes. (Zimmer et al., 1996).

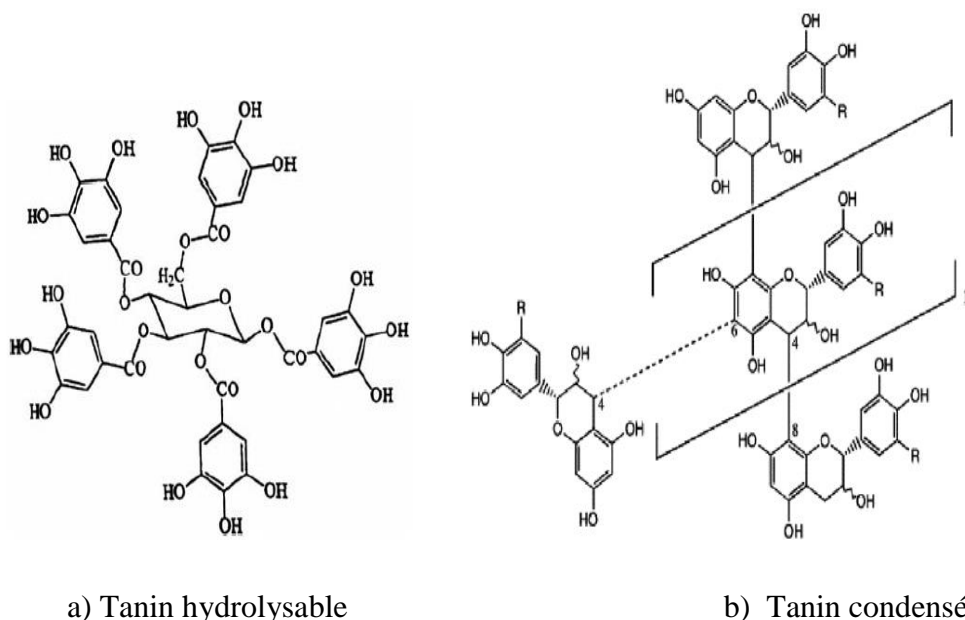


Figure 8: Structure d'un tanin hydrolysable et d'un tanin condensé (Guignard, 1996).

3. Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels du règne végétal (Ghedira, 2005), qui possèdent un squelette de base à 15 atomes de carbone constitués de deux cycles phényles, les cycles A et B, reliés par une chaîne à trois carbones (structure en C6-C3-C6). La chaîne en C3 entre les cycles A et B est communément cyclisée pour former le cycle C (figure 09) (Bruneton, 1999)

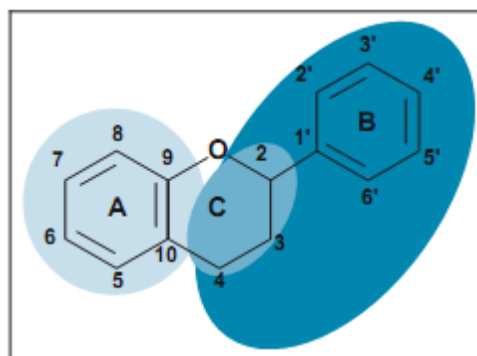


Figure 9: Squelette de base des flavonoïdes (Chira *et al.* , 2008). En bleu ciel, pont 3 carbones ; en bleu médian, partie provenant de la voie de l'acide shikimique ; en bleu foncé, partie provenant de la voie de « l'acétate. »

a. Flavones et flavonols :

Le cycle A de ces deux types de molécules (Figures 10,11) est substitué par deux hydroxyles phénoliques en C5 et en C7. Ces hydroxyles peuvent être libres ou estérifiés. D'autre part, le cycle B est substitué en C4' ou di-substitué en C3' et C4' par des groupements OH ou méthoxyles (OCH₃) (Akroum, 2011). Les flavonols ont un rôle important dans la protection contre les UV. (Trrieret *et al.* 2009). Ils se distinguent des flavones par la présence d'un groupement OH en position C-3 (Marfak, 2003).

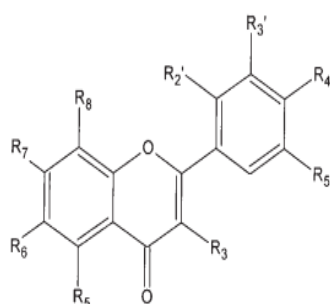


Figure 10: Structure de flavones(Boelens *et al.* 2001).

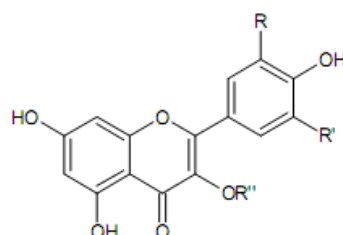


Figure 11: Structure des flavonols(Roland, 2010).

b. Flavanones :

Les flavanones ont une fonction cétone en C4, mais pas de double liaison C2=C3, ni de groupe –OH en C3. Cette structure brise la conjugaison des doubles liaisons entre les trois noyaux et affaiblit l'activité AOX (**Tsumbu, 2012**). La structure des flavanones est très réactive ; ces composés peuvent subir des réactions d'hydroxylation, glycosylation et des réactions d'O-méthylation. Ils sont aussi appelés dihydroflavones (**De La Rosa et al. 2010**).

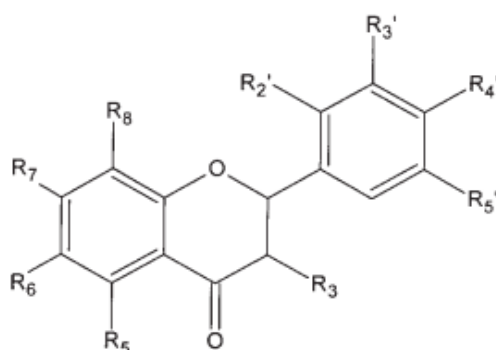


Figure 12: Structure de flavanones (Nijveldt et al. 2001).

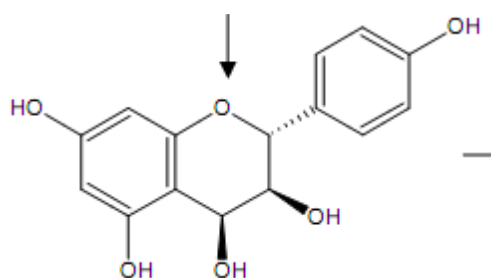


Figure 13: Structure de flavan-3,4-diols (Marfak, 2003).

c. Anthocyanines :

Ces composés phénoliques se caractérisent par une génine comportant un noyau flavylum ou cation 2-phénylbenzo-pyrylium (Figure 13). Il s'agit de pigments existant sous forme d'hétérosides stables et hydrosolubles responsables de la coloration rouge, rose, mauve, pourpre, bleue ou violette de la plupart des fleurs et fruits (**Derbel et Ghedira, 2005**).

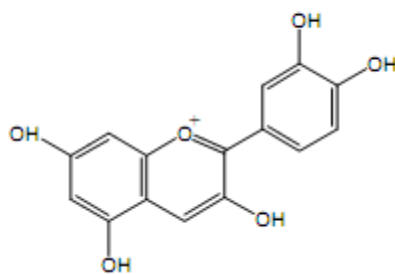


Figure 14: Structure des anthocyanines(Cyanidine)(Rauha, 2001).

II.3.2.2.4. Propriétés biologique et intérêt des polyphénols :

Chez les végétaux

Les composés phénoliques sont des pigments responsables des teintes automnales des feuilles et des couleurs des fleurs et fruits (jaune, orange, rouge) (**Edeas, 2007**).

Ils jouent un rôle important dans l'interaction de la plante avec son environnement, en particulier contre les radiation UV, le stress oxydatif, les attaques microbiennes (**Mohebetal.,2011**). Ils sont impliqués aussi dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits (**Biozot et Charpentier, 2006**).

Chez l'être humain :

La consommation d'aliments riches en polyphénols réduit le développement de nombreuses pathologies, telles que le cancer, l'ischémie cardiaque, l'athérosclérose et l'hypertension Cela peut-être expliqué par le fait que ces composés ont la capacité de modifier de nombreux facteurs impliqués dans la genèse de ces maladies (**Martin etAndriantsitohaina,2002**).

Ces composés montrent des activités anticancéreuses, antivirales, antibactériennes, (**Babar et al., 2007**), Antiallergique, antiathérogène, antioxydant, anti-inflammatoire, antithrombotiques, cardioprotecteur et les effets vasodilatateurs (**Fallehet al., 2008**).

Leurs propriétés sont liées au fait qu'ils peuvent moduler l'activité de nombreuses protéines intracellulaires (les protéines kinases, les phospholipases, l'adénylate cyclase, les ATPases, les cyclo-oxygénases (COX), les NOS ou le cytochrome P450) et agir sur différents types cellulaires (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**).

- **Activité antioxydante :**

Les antioxydants sont classés selon leur mode d'action : éliminateurs de radicaux libres, chélateurs d'ions métalliques, piègeurs d'oxygène dans des systèmes fermés. Les polyphénols, naturellement présents dans les aliments ou formés au cours des procédés de transformation sont considérés comme éliminateurs des radicaux libres (**Chewet *al.*, 2009**).

- **Activité anti bactérienne :**

Les polyphénols sont doués d'activité antibactériennes importantes et diverses, probablement dû à leurs diversités structurales. Les sites et le nombre des groupes hydroxyles sur les groupes phénoliques sont supposés être reliés à leur relative toxicité envers les microorganismes, avec l'évidence que le taux d'hydroxylation est directement proportionnel à la toxicité (**Cowan, 1999**). Il a été aussi rapporté que plus les composés phénoliques sont oxydés plus ils sont inhibiteurs des microorganismes (**Scalbert, 1991**). Les flavane-3-ols, les flavonols et les tanins ont reçu plus d'attention du à leur large spectre et forte activité antimicrobienne par rapport aux autres polyphénols. (**Daglia, 2011**).

Ces composés jouent un rôle inhibiteur, ils n'agissent pas sur la paroi bactérienne mais plutôt sur un mécanisme interne. Ces composés sont supposés agir sur l'ADN, l'ARN et lasynthèse protéique (**Ulanowska *et al.*, 2008**). Ils possèdent une capacité de supprimer un nombre de facteurs de virulence microbienne telle que l'inhibition de la formation de biofilms, la réduction de l'adhésion aux ligands de l'hôte et la neutralisation des toxines bactériennes ainsi qu'à leur capacité d'établir une synergie avec certains antibiotiques (**Daglia, 2011**).

- **Activité anti inflammatoire :**

De nombreuses études indiquent que les polyphénols notamment les flavonoïdes possèdent des propriétés anti inflammatoires et qu'ils sont capables de moduler le fonctionnement du système immunitaire par inhibition de l'activité des enzymes qui peuvent être responsables des inflammations, ils peuvent aussi moduler l'adhésion des monocytes durant l'inflammation athérosclérotique en inhibant l'expression des médiateurs inflammatoires (**González-Gallego *et al.*, 2007**). D'autres flavonoïdes sont capables d'inhiber l'histamine (**Kimet *al.*, 2004**). Les flavones et les flavonols sous forme glycosylée

ou libre comme la quercétine, kaempférol, myricétine ont une activité inhibitrice de la cyclooxygénase COX (Tapas *et al.*, 2008).

- **Activité anti tumorale :**

Le développement d'un cancer est un processus lent, constitué de plusieurs phases (initiation, promotion, progression et invasion) dans lesquelles les radicaux libres oxygénés et des composés carcinogènes jouent un rôle primordial : ils modifient la structure et l'expression de certains gènes dont le rôle est de contrôler le fonctionnement normal de la cellule (Suschetet *et al.*, 1996 ; Albertset *et al.*, 1999). Par leur action antioxydante puissante, les polyphénols pourraient donc produire leur effet anti-cancer.

Les stilbènes notamment le resvératrol possède agit sur la carcinogénèse en présentant des actions au niveau des trois stades de ce processus : la phase d'initiation, la phase de promotion et la phase de progression. De plus, il supprime les phases finales de la carcinogénèse telles que l'angiogénèse et les métastases (Delmas *et al.*, 2006). Le resvératrol joue un double rôle car il peut prévenir de la formation de cancers mais permet aussi de lutter contre un cancer déjà déclaré (Kundu et Surh, 2008). A faible dose, le resvératrol a la propriété de potentialiser l'effet des chimiothérapies traditionnelles (Delmas *et al.*, 2006).

- **Activité anti cardiovasculaire :**

Diverses études épidémiologiques ont montré qu'il existe une corrélation inverse entre la consommation d'aliments riches en polyphénols et le risque de développement des maladies cardiovasculaires (Visioliet *et al.*, 2000 ; Arts et Hollman, 2005). Au niveau des artères, ces molécules préviennent l'oxydation des LDL (Yamanaka, 1996) évitant ainsi l'athérosclérose (épaississement des artères qui contribue à réduire le flux sanguins et peut conduire à l'asphyxie des tissus irrigués). Les polyphénols inhibent aussi l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose, qui induit l'occlusion des artères. Ainsi en prévenant l'athérosclérose et les risques de thrombose, ces composés limitent les risques d'infarctus du myocarde (Rein *et al.*, 2000).

D'après de récentes données probantes, certains polyphénols sous forme purifiée, y compris le resvératrol, et la naringénine, ont des effets bénéfiques sur la dyslipidémie chez les modèles humains ou animaux. Un traitement à la naringénine atténuait l'athérosclérose en corrigeant la dyslipidémie (Mulvihill & Huff, 2000).

- **Activité anti diabétique :**

Des travaux multiples ont démontré les bienfaits des polyphénols sur les troubles et les complications métaboliques induites par le diabète. Les produits riches en polyphénols peuvent moduler le métabolisme des glucides et des lipides, atténuer l'hyperglycémie, la dyslipidémie et la résistance à l'insuline, améliorer le métabolisme du tissu adipeux, et atténuer le stress oxydatif et les voies de signalisation sensibles au stress et les processus inflammatoires (**Bahadoranetal., 2013**).

Les effets antidiabétogènes et cytoprotecteurs des extraits de flavonoïdes notamment la que rcétinèse traduit par un effet significativement positif sur l'insulinosécrétion des cellules β et la glycémie. Cet effet est dû au pouvoir antioxydant et cytoprotecteur des composés phénoliqueset à la réduction de la production du MDA en empêchant donc la lipoperoxydation et la normalisation du niveau cytosolique des systèmes antioxydants (SOD, CAT et GSH) (**Kebiècheetal., 2011**).

Partie Pratique

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Présentation des étapes de préparation de jus et les analyses appliqués :

III.1.1. La matière première :

Le présent travail est réalisé sur une quantité de 1kg de carotta (*Daucus carota*) achetée directement du marché couvert de la ville de Sidi Bel Abbes durant le mois de Mars 2020. Les carottes choisies sont fraîches, saines, matures, fermes et de couleur orange (Figure15).



Figure 15: Photo de la variété de carotte (*Daucus carota*).

III.1.2. Extraction du jus :

Les carottes collectées du marché sont soigneusement lavées, épluchées et pesées dans le laboratoire. Elles sont ensuite découpées en petits morceaux à l'aide d'un couteau.

Les carottes découpées sont broyées dans un mixeur (figure16) et dans une centrifugeuse (figure 17) pour l'obtention de jus de carotte.



Figure 16: Photographie du mixeur



Figure 17: Photographie de la centrifugeuse

III.1.3. Les étapes de préparation : sont présentées dans la figure n°18 :

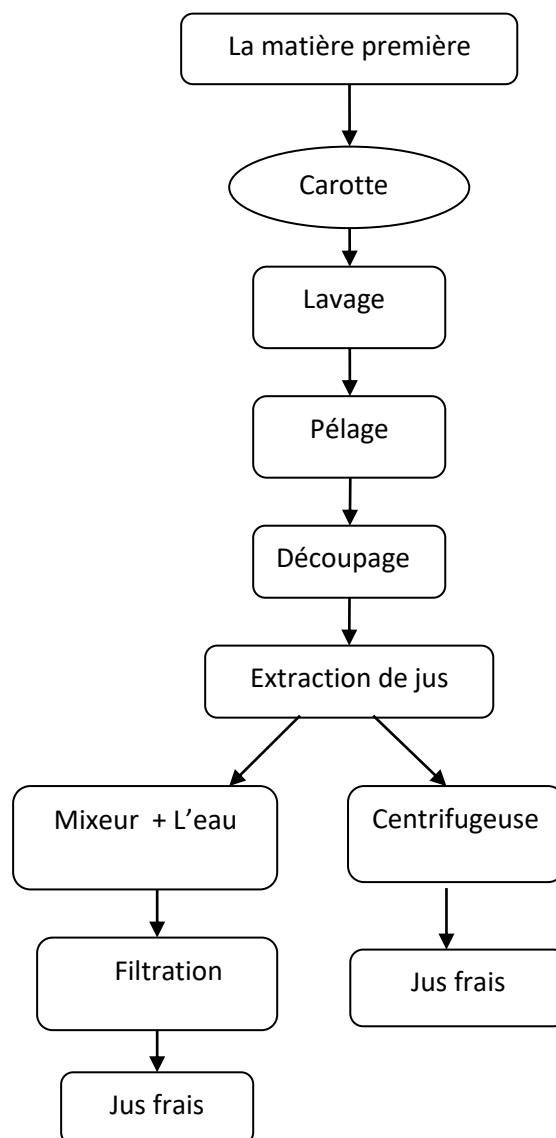


Figure 18: Technique de la préparation de jus de carotte

III.2. Analyses physico-chimiques :

Les caractéristiques physico-chimiques étudiés pour les jus sont : le degré Brix, le pH, et l'acidité.

III.2.1. Détermination du Brix :

Le degré de brix est estimé selon la méthode décrite par (**Witherspoon et Jackson, 1995**).

Le degré de Brix est le poids en gramme de matière sèche contenue dans 100 g de jus.

Mode opératoire :

- La lecture est faite en plaçant une goutte de jus sur la plaque de charnière de l'instrument, face à la lumière.
- La valeur de Brix est lue à travers l'oeil de l'instrument.
- Il est essentiel de nettoyer le réfractomètre avec de l'eau distillée après chaque lecture pour s'assurer qu'aucune particule ne reste sur la plaque articulée



Figure 19: Photographie d'un réfractomètre

III.2.2. Détermination du potentiel hydrogène :

Le pH est un indice permettant de mesurer l'activité des ions hydrogènes dans une solution. **Principe (ISO, 1984-1991)**

Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre qui est équipé d'une sonde de pH. Cet équipement doit être étalonné avant de commencer l'analyse.

Mode opératoire :

- Mise sous tension du pH.
- Etalonnage de pH mètre par des solutions à pH connu.
- Introduire l'électrode dans la solution à contrôler.
- Laisser la valeur indiquée se stabiliser.
- Faire la lecture du pH directement sur l'écran.
- Rincer l'électrode à l'eau distillée après chaque utilisation.



Figure 20: Photographie d'un pH mètre.

III.2.3. Détermination de l'acidité:

Principe (NF 05-101-01/1974) : la détermination de l'acidité est réalisée par une méthode titrimétrique à l'aide d'une base de normalité connue.

Mode opératoire

- Prélever 50 ml du produit.
- Ajouter 10 gouttes d'indicateur coloré, le phénolphtaléine (1%).
- Remplir la burette avec la solution NaOH de normalité 1N.
- Faire le titrage jusqu'au virage pale.
- Lire la quantité de la soude versée.

III.3. Dosage des antioxydants :

III.3.1. Préparation des extraits :

Le séchage au four est réalisé au laboratoire dans une étuve

Mode opératoire :

- On met 1 ml de jus de chaque échantillon dans des flacons, et on la place dans l'étuve réglée à 60 °C pendant 24 h. (Figure 21)

- Retirer les flacons de l'étuve, et après on les pèse.
- Peser 3 mg de chaque l'extrait, est homogénéisé avec 1 ml du méthanol. (Figure 22)



Figure 21: Photographie du l'étuve



Figure 22: Photographie des solutions d'extrait.

III.3.2. Dosage des phénols totaux:

Ce dosage repose sur la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). L'oxydation des phénols réduit ce réactif en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés dont l'absorbance est comprise entre 725 et 760 nm.

La teneur en composés phénoliques est évaluée selon la méthode décrite (**Singleton et Rossi 1965**).

250 μ l de la solution d'extrait de chaque échantillon, puis 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (10%) a été ajouté. Après 5 minutes, 1 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à (7.5%) sont ajoutés, puis le mélange est incubé à l'obscurité pendant 30 min à température

ambiante. La lecture d'absorbance est effectuée au spectrophotomètre à 765 nm. La concentration en composés phénoliques totaux de l'extrait est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage préparée avec de l'acide gallique comme standard.

III.3.3. Dosage des flavonoïdes :

La teneur en flavonoïdes est estimée selon la méthode décrite par **(Zhishen et al 1999)**. C'est une méthode spectrophotométrique utilisant le trichlorure d'aluminium (AlCl_3) et la soude (NaOH). Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe de couleur rose qui absorbe dans le visible à 510 nm.

250 μl d'extrait sont mélangés avec 250 μl de nitrite de sodium NaNO_2 (5%). 5 minutes après, 250 μl de trichlorure d'aluminium AlCl_3 (10%) sont ajoutés au mélange. Un volume de 500 μl de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH (4%) sont ajoutés après 11 minutes. L'absorbance est mesurée à 510 nm. Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage et les résultats sont exprimés en milligramme (mg) d'équivalent catéchine par gramme (g) de la matière végétale (mg EAG/g).

III.3.4. Dosage des tannins condensés :

La quantification des tanins condensés est réalisée suivant la méthode de **(Price et al 1978)**.

50 μl d'extrait est ajoutée 1,5 ml de vanilline (4%) et 1,5 ml de HCl . Après incubation à l'obscurité pendant 20 min, l'absorbance est lue à 550 nm. Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent de catéchine par gramme de la matière végétale sèche.

III.4. Détermination d'Activités Antioxydants :

III.4.1. Activité anti radicalaire DPPH :

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable qui absorbe à 517 nm. En présence de composés anti-radicalaires, le DPPH de couleur violette se réduit en 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazine de couleur jaune **(Maataoui et al., 2006)**.

L'absorbance mesurée à 517 nm serve à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir anti radicalaire de l'échantillon (Parejo et al, 2002).

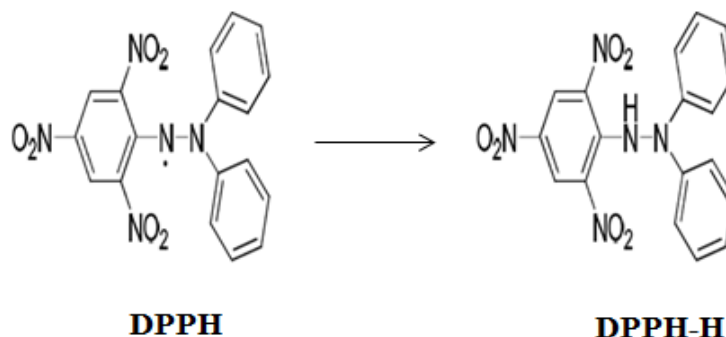


Figure 23:Forme libre et réduite du DPPH (Parejo et al, 2002).

L'activité antiradicalaire DPPH estimée selon la méthode d'écrite par (Benhamou et al 2013). On prépare pour chaque extrait 5 concentrations, en diminuant cette dernières chaque fois par la moitié.

Un volume de 50 µl de différentes concentrations de chaque extrait est ajouté à 1,95ml de la solution méthanolique du DPPH (0,025g/l) fraîchement préparée.

En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier est préparé en parallèle en mélangeant 50 µl du méthanol avec 1,95ml d'une solution méthanolique de DPPH à la même concentration utilisée. Après incubation à l'obscurité 30min à la température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 515nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

➤ **Analyse statistique :**

Les données récoltées ont été analysées en utilisant le logiciel Microsoft Excel 2019,

La comparaison entre les valeurs obtenues pour la centrifugeuse et le mixeur ont été comparés en utilisant le teste de Student.

La valeur de $P < 0.05$ a été choisi comme seuil de signification du test

Les résultats sont donnés sous formes de tableaux et d'histogrammes.

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.Résultats :

IV.1. Résultats des analyses physicochimiques :

Les propriétés physicochimiques générales des jus de carotte préparés par les deux méthodes ont été présentées dans le tableau 2.

Les résultats montrent que le degré de Brix dans le jus préparé par centrifugeuse (7.9°B) est nettement plus élevé que celui du blender (3.7°B). Pour les valeurs de pH, le jus de centrifugeuse (6.66) était légèrement inférieur à celui de jus blender (6.81). Mais le rendement de jus de blender est bien plus élevé (100%) par rapport au jus de centrifugeuse (18.63%). C'est pareille pour le volume de jus obtenu, le blender donne volume (308ml) plus élevé que le volume de centrifugeuse (30ml).

Tableau 2 : Caractéristiques physicochimiques des jus de carotte :

Appareil / Paramètres	Centrifugeuse	Blender
Rendement (%)	18.63	100
pH	6.66	6.81
Le taux de solides solubles en °Brix	7.9	3.7
Volume de jus obtenu (ml)	30	308

IV.2. Résultats de dosages des composés phénoliques :

IV.2.1. Les phénols totaux :

L'ensemble des résultats obtenus concernant le dosage des polyphénols dans les jus de carotte préparés par centrifugeuse et blender sont indiqués dans le tableau 3 :

Tableau 3: La teneur en polyphénols dans différents extraits :

Jus préparé par	Teneur en polyphénols mg (E.A.G)/g MS	P
Blender	16,03±1,66	0.01
Centrifugeuse	9,047±0,18	

La teneur en phénols totaux estimée par la méthode de Folin- Ciocalteu pour chaque extrait.

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait de carotte mg (E.A.G)/g MS est présentée dans la figure 24, et elle montre que la teneur en polyphénols de jus de carotte de blender était de $16,03 \pm 1,66$ mg (E.A.G)/g ce qui était beaucoup plus élevé que celui de centrifugeuse $9,047 \pm 0,18$ mg (E.A.G)/g. Cette différence est statistiquement significative ($P < 0.05$).

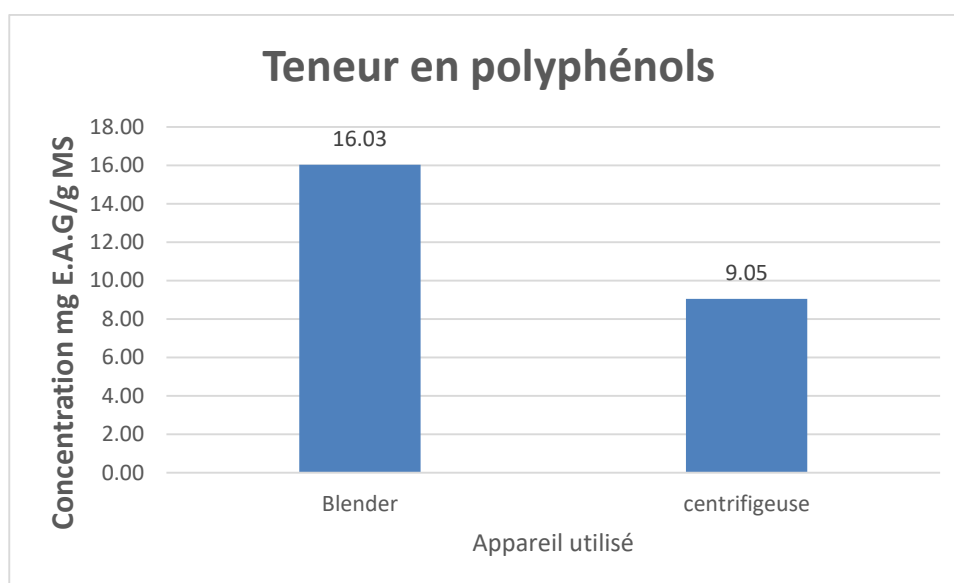


Figure 24: Teneur en polyphénols des jus de carotte

IV.2.2. Dosage des flavonoïdes :

L'ensemble des résultats obtenus concernant le dosage des flavonoïdes dans les jus de carotte préparés par centrifugeuse et blender sont indiqués dans le tableau 4 :

Tableau 4: La teneur en flavonoïdes dans différents extraits.

Jus préparé par	Teneur en flavonoïdes en mg (E.Q)/g MS	P
Blender	$24,94 \pm 5,88$	0.02
Centrifugeuse	$4,40 \pm 1,72$	

La différence là aussi est statistiquement significative ($P < 0.05$)

La détermination de la teneur en flavonoïdes des différents extraits qui est exprimé en mg équivalents de catéchine par gramme d'extrait de carotte mg (E.Q) /gMS, est présentée dans la figure 25 et elle montre que la teneur en flavonoïdes de jus de carotte de blender était de $24,94 \pm 5,88$ mg (E.Q)/g MS ce qui était beaucoup plus élevé que celui de centrifugeuse $4,40 \pm 1,72$ mg (E.Q)/g MS.

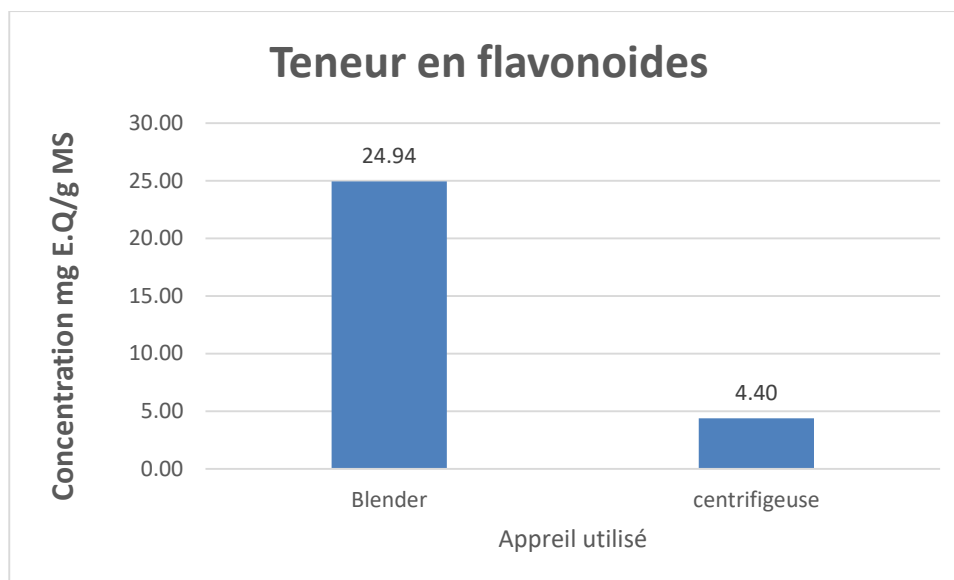


Figure 25 : Teneur en flavonoïdes des jus de carotte

IV. Discussion :

L'objectif de notre étude était d'évaluer et de comparer Les propriétés physicochimiques, les activités antioxydants et leur teneur dans le jus de carotte préparés par deux méthodes (blender et centrifugeuse).

IV.1. Les analyses physicochimiques :

➤ Le pH :

La mesure du pH est l'un des paramètres les plus importants dans le contrôle de la qualité de toute denrée alimentaire. En outre, le pH est important lors de l'utilisation des régulateurs d'acidité (acide citrique) en tant qu'agents de conservation (**Amiot et al, 2002**).

Le ph de jus de carotte préparer par deux méthodes est légèrement acide (6,66-6,81). Nos résultats sont supérieurs aux valeurs obtenues par **kimM-J et al . (2017)** (3,20-3,34).

Il s'approche cela dit des résultats obtenus par **Taiwo (2018)** qui sont de (6,30-6,51) pour les jus d'Ananas de banane et de pomme, Ces valeurs sont différentes des études précédentes, où le pH des jus de fruits était principalement acide **Sukeri (2014) ; Li, R. et al. (2015)**

Aguilar R et al .2007) ont rapporté que le pH du jus était directement lié à la température. Ainsi la génération de chaleur pendant le fonctionnement de la centrifugeuse semble être l'une des raisons du pH élevé.

Cela dit le maintien d'un pH bas contribue également à empêcher la croissance de micro-organismes pathogènes dans le jus de fruit (**Aguilar R et al, 2007**).

➤ Le rendement

Le jus de blender donne un haut rendement par rapport au jus de centrifugeuse, la différence de rendement est causée par les différents mécanismes d'extraction du jus. Ces résultats sont en accord avec ceux rapporté par **kim M-J et al. (2017)** qui ont un trouvé un rendement de 79,1% pour la centrifugeuse à basse vitesse, et 45,0% pour la centrifugeuse à haute vitesse et un rendement de 100% pour le blender cela pour la préparation pour un jus de raisin, les mêmes résultats ont aussi été trouvé pour la préparation d'un jus de tomate ou le rendement en jus pour la centrifugeuse à basse vitesse était de (79,9 ± 1,6%)

remarquablement supérieur à celui de la centrifugeuse à haute vitesse ($54,8 \pm 1,3\%$) avec toujours un rendement très élevé pour le blender **Kim M-J et al. (2015)** les mêmes résultats ont aussi été rapportés par **Sung G-L et al. (2013)**.

Étant donné que le disque à lame plate de la centrifugeuse tourne à une très grande vitesse (8 000-12 000 tour/min), une quantité considérable de carotte n'a pas été broyée et a été déviée du disque dans un orifice de sortie du jus, résultant en un rendement inférieur à celui obtenu avec le blender, qui lui permet de presser une carotte entière sans perte.

➤ **Le taux de solides solubles**

Le degré de brix de jus de centrifugeuse est de ($7,9^\circ\text{B}$), donc selon **Carey R (2016)** il est entre : moyen et bon [6, 12], par contre le degré de brix de jus de blender est mauvais [0, 4].

Ce résultat est inférieur à celui de l'étude de **kim M-J et al. (2017)** qui ont trouvé un degré brix de ($14,4^\circ\text{B}$) pour la centrifugeuse

Nos résultats sont aussi différents de l'étude de **Ram Met al. (2012)** qui ont travaillé sur le jus de pamplemousse et ont trouvé $12,7^\circ\text{B}$ pour le blender, $11,4^\circ\text{B}$ pour la centrifugeuse et $11,8^\circ\text{B}$ pour le jus préparé manuellement.

Les degrés Brix vont évidemment changer d'un fruit ou légume à un autre, par exemple dans son étude **Efezino et Kofi (2016)** a trouvé des différences dans les degrés Brix entre le jus de pomme (entre $12,8$ et $13,56^\circ\text{B}$) et le jus d'orange (entre $10,78 - 11,6^\circ\text{B}$).

IV.2. Les composés phénoliques :

En général, les fruits et légumes sont une source de composés phénoliques ; la carotte est riche en acides phénoliques, en isocoumarines (**Nacz et Shahidi, 2006**) et en flavonoïdes (**Maroniva et al., 2005**).

➤ **Les phénols totaux:**

La teneur des polyphénols de jus de carotte de blender ($16,03 \pm 1,66\text{mg (E.A.G)/g MS}$) est supérieure que celui de centrifugeuse ($9,047 \pm 0,18\text{mg (E.A.G)/g MS}$), Nos résultats sont proches de ceux rapportés par **kim M-J et al (2017)** ou la même chose a été

remarqué pour le jus de raisin .Ce résultat est dû aux différents mécanismes d'extraction des jus.

Le disque plat tournant à grande vitesse (8 000–12 000 tour/min) de la centrifugeuse entraîne la déviation d'une quantité considérable de carotte, et donc l'extraction des polyphénols est insuffisante (**Kim MJ et al, 2005**).

Le blender quant à lui broie toutes les parties de la carotte sans perte pendant le processus d'extraction, la teneur totale en polyphénols du jus du blender était logiquement supérieure à la centrifugeuse.

Bien que l'oxydation était aussi accélérée par le Blender, en raison de la chaleur générée par la lame rotative à grande vitesse, les polyphénols peuvent aussi plus facilement être détruite (**kim M-J et al2017**)

Dans une étude similaire de **Burin et al. (2010)** Sur la teneur totale en polyphénols des jus de raisin selon la méthode Folin – Ciocalteu, les résultats pour les jus de raisins faits maison, commerciaux et organique les teneurs variaient considérablement. Ils ont suggéré que les différences proviennent des techniques de traitement du jus, y compris le type d'extraction, la température et l'ajout d'enzymes

Dans leur étude **Young-HP (2014)** ont analysé la quantité en polyphénol de 4 différents jus de fruit (Pomme, poire, mandarin et orange) et la plus élevé était retrouvé dans le jus de mandarin préparé par Blender

Ces résultats suggèrent que, du point de vue de l'absorption des polyphénols, la consommation de jus préparé par blender est meilleure que celui préparé par centrifugeuse

➤ Les flavonoïdes

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**).

Les teneurs de la carotte en flavonoïdes enregistrées par **Miean et Mohamed (2001)** et **Maronivaet al. (2005)** sont de 3,7 et 26,7 mg/100g, respectivement.

Le jus de blender contient une quantité de flavonoïdes plus élevé que celui de centrifugeuse.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapporté par **kim M-J *et al.* (2017)** montrant que la méthode de préparation de jus influence sur les teneurs des flavonoïdes.

La même chose a été remarquée pour la quantité en flavonoïdes pour le jus de mandarine qui étaient significativement plus élevés dans celui préparé par Blender que leurs homologues préparé par centrifugeuse **Young-HP. (2014)**.

Selon **Uckoo *et al.* (2012)** le jus de pamplemousse préparé par Blender a une teneur en pulpe plus élevée, qui est corrélée à un taux de flavonoïde plus élevé aussi, que le jus de pamplemousse centrifugé. **Rajasekar *et al.* (2012)** ont aussi déterminé que le Blender était plus efficace que la centrifugeuse lors de la production de jus de grenade en termes de flavonoïde.

Cela dit certaines études **Young-HP (2014)** ont aussi montré que la quantité en flavonoïdes obtenues dépend aussi du fruit ou légume utilisé.

La dose d'une seule portion de jus de pomme en jus préparé par centrifugeuse était significativement plus élevée en teneur de flavonoïde que celle d'un jus de pomme préparé par blender (295,1 mg QE vs 90,1 mg QE, respectivement).

Ces résultats suggèrent que l'effet de la technique d'extraction du jus domestique sur les niveaux de polyphénols du jus varie selon le fruit ou légume utilisé.

➤ **Les tannins :**

Les tannins sont connus par leur activité réductrice des radicaux libres et leur activité antioxydant en plus de leur fonctions biologiques (antibactériennes anti-inflammatoires, anti-allergiques et anti-tumorales) (**Fine *et al.*, 2000 ; Kolodziej *et al.*, 2001**).

IV.3. Activités Antioxydants :

➤ **Activité anti radicalaire DPPH :**

Selon les résultats trouvés, par **Kim M-J *et al.* (2017)** et **Sung G-L *et al.* (2013)** les valeurs IC₅₀ des jus de blender étaient les plus basses par rapport au jus de centrifugeuse, c'est-à-dire que l'activité de piégeage des radicaux DPPH de blender était meilleure que celle de jus de centrifugeuse.

Des teneurs plus élevées en antioxydants, tels que polyphénols totaux, flavonoïdes, dans le jus de blender semblent être l'une des principales raisons de ce résultat.

Dans leur étude **Kim M-J et al. (2017)** ont trouvé que les activités de piégeage des radicaux DPPH (IC50) des jus de raisin préparés à l'aide de diverses méthodes d'extraction de jus, variaient de $0,27 \pm 0,01$ à $3,81 \pm 0,16$ mg.

Les valeurs IC50 des jus de raisin préparés par Blender étaient les plus faibles, c'est-à-dire que l'activité de piégeage des radicaux DPPH des deux jus était meilleure que celle des autres échantillons préparés avec d'autres méthodes

Des résultats similaires ont été observés par le même auteur **Kim M-J et al. (2015)** avec des jus de tomates préparés en utilisant différentes méthodes d'extraction domestique, parmi lesquelles le Blender a montré une activité de piégeage des radicaux DPPH plus faible que la centrifugeuse.

La préparation du jus par centrifugeuse est associée à l'élimination des radicaux libres et à l'inhibition de l'oxydation (**Burda W, 2001**).

L'activité antioxydante dépend aussi du fruit utilisé **Young-HP (2014)**, les produits à base de jus contenant la peau de fruits (c'est-à-dire des jus de fruits entiers) avaient des capacités antioxydantes totales plus élevées que les produits à base de jus qui ne contenaient pas la peau (c'est-à-dire un fruit épluché).

Dans notre étude vue la situation actuelle la partie sur l'activité antioxydante n'a pu être réalisé

Cela dit en se basant sur la littérature scientifique qui suggèrent que la capacité antioxydante d'un jus de fruit correspond à sa teneur en antioxydants, et que la teneur en polyphénol et flavonoïde était plus faible dans le jus préparé par centrifugeuse que dans celui préparé par blender, l'activité antioxydante serait meilleure pour le jus de carotte préparé par blender

Conclusion :

L'objectif de ce travail consistait à déterminer l'impact de deux méthodes d'extraction de jus de légume sur les propriétés physicochimiques, composés polyphénoliques et l'activité antioxydant de carotte.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence une variabilité intéressante entre les deux méthodes d'extraction de jus étudiées : par blender et centrifugeuse.

La comparaison des caractéristiques physico-chimiques du jus de carotte de blender et centrifugeuse montre qu'il n'y a pas une différence significative de pH, par contre, en ce qui concerne le rendement et le volume le blender donne des résultats plus élevé par apport au centrifugeuse, mais le taux de solides solubles dans le jus de centrifugeuse (7.9°B) était significativement plus élevé que dans le blender (3.7°B).

L'évaluation globale des teneurs en antioxydants est la détermination de l'activité antioxydant réalisés sur les jus de carotte a révélé que le jus de blender renferme la concentration la plus importante en composés phénoliques ($16,03 \pm 1,66$ mg (E.A.G) /g MS), et en flavonoïdes ($24,94 \pm 5,88$ mg (E.Q) /g MS).

L'activité de piégeage des radicaux DPPH de blender était meilleure que celle de jus de centrifugeuse.

Nos résultats ont montré que, Le jus de carotte préparé par le blender contenait les teneurs les plus élevées en polyphénols et en flavonoïdes, et aussi montré que l'activité de piégeage des radicaux DPPH plus élevées que celle de centrifugeuse.

Ces résultats indiquent qu'il existe des différences importantes dans l'activité antioxydante entre les deux techniques d'extraction de jus de légume.

L'ensemble des travaux réalisés nous a permis de dégager les perspectives suivantes dans le but d'approfondir cette étude :

- Effectuer d'autres dosages comme les caroténoïdes, vitamine C.
- Analyses l'effet de la conservation sur les deux préparations.
- Tester d'autres types de préparation de jus de légumes

Références bibliographiques

A

Afonso, V., Champy, R., Mitrovic, D., Collin, P. and Lomri, A. (2007). Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases: rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du Rhumatisme*, 74(7), pp.636-643.

Aguilar-Rosas S, Ballinas-Casarrubias M, Nevarez-Moorillon G, Martin-Belloso O, Ortega-Rivas E (2007). Thermal and pulsed electric fields pasteurization of apple juice: effects on physicochemical properties and flavour compounds. *J. Food Eng.* 83: 41–46 .

Akroum, S. (2011). Etude analytique et biologique des flavonoïdes naturels, *thèse de doctorat*, l'université de Constantine. 1-112.

Alberts, D. S., Colvin, O. M., Conney, A. H., Ernster, V. L., Garber, J. E & Greenwald P. (1999). Prevention of cancer in the next millennium, Report of the Chemoprevention Working Group to the American Association for Cancer Research. *Cancer Res*, 59, 4743 – 4758.

Alsalvar C, Al-Farsi M, Quantick P.C, Shahidi F et Wiktorowicz R. 2005. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. *Food Chemistry*. 89: 6976.

Amiot-Carlin M-J, Caillavet F, Causse M, Combris P, Dallongeville J, Padilla M, Renard C, Soler L-G. (2007). Les fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA, France, pp 80.

Ardestani et Yazdanparast R, 2007. Antioxidant and free radical scavenging potential of Achillea santolina extracts. *Food Chem.* 104: 21-29

Arthur W., 1986. Le livre des produits alimentaires, Ed. MAX BREZOL, Paris.

Arts, I. C., & Hollman, P. C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 81, 317S – 325S.

Aruoma, O.I. (2003). Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in food plants. *Mut. Res.* 9(20):523-524

Auberval, N. (2010). Prévention du stress oxydant dans le diabète et ses complications par des antioxydants d'origine naturelle. *Thèse de doctorat*. 1-244.

B

- Bahadran, Z., Mirmira, P., & Fereidoun, A. (2013).** Dietary polyphenols as potential nutraceuticals in management of diabetes: a review. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, **12** (43), 1 – 9.
- BAROUKI, R. (2006).** Stress oxydant et vieillissement. *médecine/sciences*, **22**(3), pp.266-272.
- Barth M.M, Zhou C, Kute K M et Rosenthals G A. 1995.** Determination of optimum conditions for supercritical fluid extraction of carotenoids from carrot (*Daucus carota* L.) tissue. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. **43** : 2876-2878.
- Beaudeau J-L, Durand G. (2011).** ‘‘Biochimie médicale - Marqueurs actuels et perspectives (2e ed.)’’ . ; MÉDECINE SCIENCES PUBLICATIONS / LAVOISIER , Année 9/2011.
- Belaïch, R. et Boujraf, S. (2016).** Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des Maladies Métaboliques*, **10**(1), pp.38-42.
- Belkheiri, N. (2010).** Dérivées phénoliques à activités antiathérogènes. *Thèse de doctorat*, l’université de Toulouse. 1-193.
- Benamara S., Agougou A, 2003** Production du jus alimentaire technologie des industries agro-alimentation offices de publication universitaires.
- Bennick A. (2002).** Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Crit Rev Oral Biol Med*, **13** (2):184-196.
- Berger, M.M. (2005).** Can oxidative damage be treated nutritionally? *Clinical nutrition, nutrition*, **24**:172-183.
- Boelens P. G., Nijveldt, R. J., Nood, Ev., Hoorn, DE Cv., Boelens P. G., Norren, Kv., Leeuwen, PAMv. (2001).** Flavonoïdes: a review Article: *Journal of clinical Nutrition*. **38**: 418-425.
- Brown L, Rimm E. B, Seddon J. M, Giovannucci E. L, Chasan-Taber L, Spiegelman D, Willett W. C et Hankinson S. E . 1999.** A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men. *American Journal of Clinical Nutrition*. **70**:517–24
- Bruneton J. ; 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3ème Ed. Lavoisier. Paris, 199-388.
- Bub A, Watzl B, Abrahamse L, Delinceé H, Adam S, Wever J, Müller H et Burda S, Oleszek W. 2001.** Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. *J Agric Food Chem* **49**: 2774-2779
- Burin VM, Falcao LD, Gonzaga LV, Fett R, Rosier JP, Bordignon-Luiz MT (2010).** Colour, phenolic content and antioxidant activity of grape juice. *Ciência e Tecnol. Aliment.* **30**: 1027–1032.

C

Cadet, J., Bellon, S., Berger, M., M., Boudat, A. G., Douki, T., DUARTE, V., et al. (2002) :Recent aspects of oxidative DNA damage ,guanosine lesions , measurements and substrate specificity of DNA repair glycosylases.*Biological Chemistry*,383,(6),93.

Cao G, Sofic E et Prior R. L. 1998. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 44 : 3426-3431.

Carbiener, 2010. Une histoire des carottes 05 juillet 2010 (première publication) 19 octobre 2010 (dernière mise à jour).

Carey Reams, 2016. Le taux de sucre comme critère de qualité.

Chanforan C. (2010). Stabilité de micro constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. 10-11.

Chasan-Taber L, Willett W. C, Seddon J. M, Stampfer M. J, Rosner B, Colditz G.A, Speizer F. E et Hankinson S. E. 1999. A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women. *American Journal of Clinical Nutrition*.70:509-16.

Chew, M. H., Xu, G. G., Ho, P. W., & Lee, C. W. (2009). A propos d'un cas de syndrome compartimental glutéol après traitement chirurgical d'un anévrisme de l'aorte abdominale.*Annales de chirurgie vasculaire*, **23** (4), 17 – 21.

Chira K., Suh J-H., Saucier C., Teissèdre P-L. (2008). Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie* 6, 75–82.

Christophe, P. & Christophe S. (2011). Physiologie, pathologie et thérapie de la reproduction chez l'humain. *Edition Springer*, p 84.

Cillard J. et Cillard P. 2006. Mécanismes de la peroxydation lipidique et des antioxydations. *OCL*, volume 13, numéro 1, 24-29.

Cowan, N.M. 1999. Plant product as antimicrobial agent. *Clinical Microbiology Reviews*. **12**(4):564-582.

Crété P. 1965. Classe des dicotylédones. In « Précis de botanique : systématique des plantes ». Edition : Masson. pp 83-412.

Curtay J.-P. et Robin J.M. 2000. Intérêt des complexes antioxydants. *Nutrithérapie Info*.

D

Daglia, M. (2011). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, **23**, 1 – 8.

- Dalton S. (2002).** Encyclopedia of foods: a guide to healthy nutrition, lww.
- De Groot H, 1998.** Comment les caroténoïdes protègent du cancer. *Tabula*. 3 : 10-11.
- De La Rosa, L. A., Alvarez-parilla, E., Gonzalez-Aguilar, G. A. (2010).** Fruit and vegetable phytochemicals. *Chemistry Nutrition value and stability*. Chapitre II. Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc, publication. USA-PP: 53-57.
- Delmas, D., Lançon, A., Colin, D., Jannin, B & Latruffe, N. (2006).** Resveratrol as a chemopreventive agent: A promising molecule for fighting cancer. *Current Drug Targets*, 7 (4), 423 – 442.
- Depezay L. (2006).** Les légumes dans l'alimentation : leurs effets nutritionnels .Fondation Louis Bonduelle1, 12-16.
- Derbel, S., et Ghedira, K. (2005).** Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie numéro 1* :28-34.
- Downie S. R, et Katz-Downie D. S. (1996).** A Molecular Phylogeny of Apiaceae Subfamily Apioideae: Evidence from Nuclear Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer Sequences. *American Journal of Botany* 83: 234-251.

E

- Edeas M. (2007)** .Les polyphénols et les polyphénols de thé1 .*Phytothérapie* 5,264–270.
- Efezino Simon Abel and Kofi E. Aidoo,** a Comparative Study of the Nutritional Quality of Freshly Extracted Juices from Organic Versus Conventional Orange and Apple Fruits, *EC Nutrition* 4.5 (2016): 945-959
- Eymerd, S. (2003).** Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chincharol (*trachurus trachurus*) : choix des procédés. *thèse de doctorat*. L'université de Nantes. 1-123.

F

- FAO, 2013** Food and Agriculture Organisation (FAO) Institution spécialisée des Nations Unies.
- Favier, A. (1997)** . Le stress oxydant : Intérêt de sa mise en évidence en biologie médicale et problème posés par le choix d'un marqueur .*Annexe Biology Clinical*, 55(1) : 9-15.
- Favier, A. (2003).** le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique *Actualité chimique* .11:108-115.

Fine A.M., CPA, Candidate N.D. 2000. Oligomeric Proanthocyanidin Complexes: history, Structure, and Phytopharmaceutical Applications. *Alternative Medicine Review*. 5(2) : 144-151.

G

Gayathri G. N, Platel K, Parkash J, Srinivasan K. 2004. Influence of antioxidant spices on the retention of β -carotene in vegetables during domestic cooking processes. *Food Chemistry*. 84: 35-43.

Ghedira K. (2005), Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique 4, 162-169.

GIASSON, B. (2000). Oxidative Damage Linked to Neurodegeneration by Selective alpha-Synuclein Nitration in Synucleinopathy Lesions. *Science*, 290(5493), pp.985-989.

Gonzalez-Gallego, J., Sanchez-Campos, S., & Tunon, M. J. (2007). Anti-inflammatory properties of dietary flavonoids. *Nutricion Hospitalaria*, 22 (3), 287 – 293.

Guingard J. (1996). Biochimie végétale. Lavoisier, Paris. 175-192.

Gulçin, I., Huyut, Z.B., Elmastas, M., Hassan, Y. ET Aboul-Eein, d. (2010). Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arabian Journal of Chemistry*. 3: 43-53.

H

Hagerman A.E., Rice M.E. and Ritchard N.T. 1998. Mechanisms of protein precipitation for two tannins, pentagalloyl glucose and epicatechin 16 (4f8) catechin (procyanidin). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46: 2590-2595.

Hamid A., Aiyelaagbe O ., Usman L.A ., Ameen O. M and Lawal A. (2010). Antioxidants: Its medicinal and pharmacological applications. *African Journal of Pure and Applied Chemistry* 4, 142-151.

Harman, D. (1956). "Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry." *J Gerontol* , 11(3): 298-300.

Hornero-Méndez D et Mínguez-Mosquera M.I. 2007. Bioaccessibility of carotenoids from carrots: Effect of cooking and addition of oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Sous presse. industries agro-alimentation offices de publication universitaires

I

ISO: international organisation of standardisation.

J

Jacques B, and André R. 2004. Biochimie métabolique Ed ellipses .Paris. pp: 217-219-220-223-225.

Jean- Baptiste F. M. (2009). Apport de la modélisation pour l'estimation de la teneur en pigments foliaires par télédétection. Thèse de doctorat de l'université pierre et marie curie. 9.

K

Kebière, M., Lakroun, Z., Mraïhi, Z., Soulimani, R. (2011). Effet antidiabétogène et cytoprotecteur de l'extrait butanolique de *Ranunculus repens* L. et de la quercétine sur un modèle expérimental de diabète alloxanique. *Phytothérapie*, **9**, 274 – 282

Khanbabaee K. and Ree T.V. 2001. Tannins: Classification and definition. *Natural Products Rep.*, **18**: 641-649.

Kim M-J Min-Ju Kim Jung-Guy Jun, Shin-Young Park Mi-Joo Choi, Eunju Park Jung-In Kim , et Myo-Jeong Kim. 2017. Antioxidant activities of fresh grape juices prepared using various household processing methods. *Food Sci Biotechnol* 26(4): 861–869

Kim, D. k., Lee, C.Y. (2004). Comprehensive Study on Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Various Polyphenolics in Scavenging a Free Radical and its Structural Relationship. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **44**: 253–273.

Kim, H. P., Son, K. H., Chang, H. W., & Kang, S. S. (2004). Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular action mechanisms. *Journal of Pharmacological Sciences*, **96** (3), 229 –245.

Kim, M., Kim, J., Kang, M. et al. Quality evaluation of fresh tomato juices prepared using high-speed centrifugal and low-speed masticating household juicers. *Food Sci Biotechnol* 24, 61–66 (2015).

Koca N, Burdurlu H. S , Karadeniz F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. *Journal of Food Engineering* 78 : 449–455.

Koivikko R., Loponen J., Eränen J.K. and Jormalainen V. (2008). Variation of phlorotannins among three populations of *Fucus vesiculosus* revealed by HPLC and colorimetric quantification. *Journal of Chemical Ecology*, **34**: 57-64.

Koivikko R., Loponen J., Honkanen K. and Jormalainen V. (2005). Contents of soluble, cell wall-bound and exuded phlorotannins in the brown alga *Fucus vesiculosus*, with implications on their ecological functions. *Journal of Chemical Ecology*, **31** (1): 195-212.

Kolodziej H., Kayser O., Kiderlen A.F., Hideyuki Ito, Hatano T., Yoshida T. et FOO L.Y. 2001. Proanthocyanidins and Related Compounds: Antileishmanial activity and modulatory effects on nitric oxide and tumor necrosis factor-release in the murine macrophage-like cell line RAW 264.7. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 24(9) : 1016-1021.

Krinsky N.I et Johnson E. J. 2005. Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*. 26: 459–516.

Kundu, J. K., & Surh, Y. (2008). Cancer chemopreventive and therapeutic potential of resveratrol: Mechanistic perspectives. *Cancer Letters*, **269** (2), 243 – 261.

L

Laguerre M., López-Giraldo L. J., J Lecomte J., Pina M., Villeneuve P. (2007). Outils d'évaluation in vitro de la capacité antioxydante. 14,281

Le Marchand L & Al (1994). A pilot study on the use of plasma Carotenoid and Ascorbic Acid as Markers of compliance to high fruit and vegetable dietary intervention. *Cancer epidemiol biomarkers* . 3 : 51-245.

Lecerf J. M. 1999. Les Antioxydants et les autres éléments protecteurs dans Les jus de fruits et de légumes. Institut Pasteur de Lille. pp 1-33.

Longnecker M. P, Newcomb P A, Mittendorf R , Greenberg E. R et Willett W C.1997. Intake of carrots, spinach, and supplements containing vitamin A in relation to Risk of Breast Cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 6: 887-892.

M

Maataoui B.S., Hmeyene A., Hilali S., (2006). Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*), *Lebanese Science Journal*, (1):3 -8.

Manach, C., Scalbert, A., Morand C., Remesy C., Amenez L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American journal of Clinical Nutrition*. **79**: 727-747.

Marfak A, 2011. Radiolyse gamma des flavonoïdes . Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation des depsides. Thèse de doctorat université de Limoges.

Marfak, A. (2003). Radiolyse Gamma des flavonoïdes. Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des Alcools : Formation de depsides, *thèse de doctorat*, l'université de Limoges. 1-121.

Martinez-Cayuela M. 1995. Oxygen free radicals and human disease. *Biochem*. **77**: 147-161.

Massart, A. (2011). Supplémentations en oméga 3 et antioxydant et stress oxydant au cours d'un entraînement de judo. *Thèse de doctorat*, l'université d'Orléans. 1-

Mazarine E, 2006. Fiches nutritionnelles et tableaux de composition moyenne des fruits et légumes. Agence fruits et légumes frais Aprifel

Mazza G. 1999. Carrots. In « Quality and preservation of the vegetables ».Edition: Technology □Industrial. pp 75-113.

Miean K. H et Mohamed S. 2001. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 49 (6): 3106 -3112.

Morena, M., Martin-Mateo, M., Cristol, J. p et Canaud, B. 2002. Stress oxidant, hémoïncompatibilité et complication de la dialyse au long cours. *Néphrologie*. **5** :201-208.

Mozaffarieh M, SacuSetWedrich A. 2003. The role of the carotenoids, lutein and zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: A review based on controversial evidence. *Nutrition Journal*. 2: 20-28.

Mulvihill, E. E. & Huff, M. W. (2010). Antiatherogenic properties of flavonoids : Implications for cardiovascular health. *Canadian Journal of Cardiology*, **26**, 17A - 21A.

N

Naczki M et Shahidi F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables :occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41: 1523-1542

Nathalie B., Charpentier J-P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. 79.

Nicolle C, Cardinault N, Aprikian O, Busserolles J, Grolier P, Rock E, Demigné C, Mazur A, Scalbert A, Amouroux P et Rémésy C. 2003. Effect of carrot intake on cholesterol metabolism and on antioxidant status in cholesterol-fed rat. *European Journal of Nutrition*. 42 (5): 254-261.

Nicolle C, Gueux E, Lab C, Jaffrelo L, Rock E, Mazur A, Amouroux P et Rémésy C. 2004. Lyophilized carrot ingestion lowers lipemia and beneficially affects cholesterol metabolism in cholesterol fed mice. *European Journal of Nutrition*. 43 (4):237-245.

Nijveldt, R. J., Nood, Ev., Hoorn, DE Cv., Boelens P. G., Norren, Kv., Leeuwen, Nkordjock A et Ghadirian P. 2004. Intake of specific carotenoids and essential fatty acids and breast cancer risk in Montreal, Canada. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79 :857-864.

Norman Walker, 2002. Votre Santé par les jus frais et légumes et de fruits, *God's Way to Ultimate Health* p. 21

O

Osganian S. K, Stampfer M. J ,Rimm E, Spiegelman D, Manson J. E et Willett W. C. 2003. Dietary carotenoids and risk of coronary artery disease in women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 77:1390-1399.

Ou B , Huang D, Hampsch-woodill M, Flanagan J. A et Deemer E .K . 2002. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 50: 3123-3128.

P

PAMV. (2001). Flavonoïdes: *a review Article: Journal of clinical Nutrition*. 38:418-425.

Papazian, L. & Roch, A. (2008). Le syndrome de détresse respiratoire aiguë, *Edition Springer*, p 153.

Paradis, M. (2010). Les activités de glutathion –peroxydase. D’oxyde Nitrique oxydase et de dépoliarisation membranaire de la céruloplasmine dans la protection des cardiomyocyte contre le peroxyde d’hydrogène. *Thèse de doctorat, l’université de Québec Montréal*. 1-143.

Parejo I., Viladomat T.F., Bastida J., Rosas-Romero A., Flerlage N., Burillo J., Codina C., (2002), Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and non-distilled Mediterranean herbs and aromatic plants, *J Agric. Food .Chem*, (5): 6882-6884.

Pastre, J.O.C. 2005. Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l’alimentation des carnivores domestiques. Thèse de docteur vétérinaire. *Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*. 120p.

Pincemail J., Meurisse M., Limet R et Defraigne J O. (1998). Mesure et utilisation des antioxydants en médecine humaine. *Médecine science*, p 73.

Pincemail J., Karine, B., Karine, C. et Jean-Olivier D. 2002. Mécanismes Physiologiques de la défense Antioxydante. *Physiological Action of Antioxydant Defences. Nutritio Clinique et métabolisme*. 16(6) :233-239.

Pool-Zobel B.L, Bub A, Müller H, I Wollowski I et Rechkemmer G. 1997. Consumption of vegetables reduces genetic damage in humans: first results of a human intervention trial with carotenoid-rich foods. *Carcinogenesis*. 18 (9): 1847-1850.

Poulin M. J, Bel-Rhliid R, Piché Y et Chênevert R .1993. Flavonoids released by carrot (*Daucus carota*) seedlings stimulate hyphal development of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the presence of optimal CO₂ enrichment. *Journal of Chemical Ecology*. 19 (10): 2317-2327.

Q

Québec Amérique, (1999). *le Guide des aliments*. 224 p.

Québec, (2013). *Tout sur les légumes : L’Encyclopédie visuelle des aliments*. 220 p

R

Rahim A.A., Rocca E., Steinmetz J., Kassim M.J., Ibrahim M.S. and Osman H. (2008). Antioxidant activities of mangrove *Rhizophora apiculata* bark extracts. *Food Chemistry*, **107**:200-207.

Rajasekar D, Akoh CC, Martino KG, MacLean DD. 2012. Physico-chemical characteristics of juice extracted by blender and mechanical press from pomegranate cultivars grown in Georgia. *Food Chem* 133: 1383-1393.

Ram M. Uckoo, Guddadarangavvanahally K. Jayaprakasha, V. M. Balasubramaniam, and Bhimanagouda S. Patil, 2012. Grapefruit (*Citrus paradisi* Macfad) Phytochemicals Composition Is Modulated by Household Processing Techniques, *Journal of Food Science* Vol. 77, Nr. 9, 2012.

Rauha, J. P. (2001). The search for biological activity in plant extracts containing phenolic compound. *Thèse de doctorat*, l'université de Helsinki. 1-149.

Rechkemmer G. 2000. Moderate intervention with carotenoid-rich vegetable products reduces lipid peroxidation in Men. *Journal of Nutrition*. 130: 2200–2206.

REDURON J.-P., 2007 – Ombellifères de France 2. *Bull. de la SBCO, NS, Numéro spécial* 27 .

Rein, D., Paglieroni, T. G., Wun, T., Pearson, D. A., Schmitz, H. H., Gosselin, R., & Keen, C. L. (2000). Cocoa inhibits platelets activation and function. *Am. J. Clin. Nutr*, **72** (1), 30 – 35.

Roland, A. (2010). Influence des phénomènes d'oxydation lors de l'élaboration des mouts sur la qualité aromatique des vins de melon B. et Sauvignon Blanc en Val de Loire. *Thèse de doctorat*, l'université Montpellier supagro. 1-198.

Roy, M. (2008). Etude des superoxydes dismutase (SOD) dans l'oviducte bovine. *Thèse de doctorat*, l'université Laval. 1-159.

Rymond Dextreit, 1998. Les cinq merveilles naturelles éd : vivre en Harmonie.

S

Scalbert, A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, **30**, 3875 – 3883.

Scott K.J et Rodriguez- Amaya D. (2000). Pro-vitamin A carotenoid conversion factors: retinol equivalents -fact or fiction?. *Food Chemistry*. 69:125-127.

Servais, S. (2004). Altération mitochondriales et stress oxydant pulmonaire en réponse à l'ozone : effet de l'âge et une supplémentation en oméga -3-.

- Slattery M.L, Benson J, Curtin K, Ma K, Schaeffer D et Potter J. D (2000)** .Carotenoids and colon cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*. 71:575-582.
- Stentz f.b., umpierrez g.e., cuervo r., kitabchia.e.** Proinflammatory cytokines, markers of cardiovascular risks, oxidative stress, and lipid peroxidation in patients with hyperglycemic crises. *Diabetes.*, 2004, vol 53(8), p.2079-286.
- Steptoe .A & al .(2003)**. Behavioural counseling to increase consumption of fruit and vegetables in low income adults : randomised trial. *BMJ*. 61,326,855.
- Subfamily Apioideae: Evidence from Nuclear Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer Sequences. *American Journal of Botany* 83: 234-251.
- Sukeri, J.F.T.P.K.S.** The effects of fruit smoothies on enamel erosion. *Eur. Arch. Paediatr. Dent*. 2014, 15, 175–181.
- Li, R.; Wang, Y.; Wang, S.; Liao, X.** A Comparative Study of Changes in Microbiological Quality and Physicochemical Properties of N₂ -Infused and N₂ Degassed Banana Smoothies After High Pressure Processing. *Food Bioprocess Technol*. 2015, 8, 333–342.
- Sun M et Temelli F. 2006.** Supercritical carbon dioxide extraction of carotenoids from carrot using canola oil as continuous co-solvent. *Journal of Supercritical Fluids*. 37:397-408.
- Sung G-L, Sung Gyu Lee, Jin-Hee Kim, Min-Jung Son, Eun-Ju Lee, Woo-Dong Park, Jong-Boo Kim, Sam-Pin Lee, et In-Seon Lee, 2013.** Influence of Extraction Method on Quality and Functionality of Broccoli Juice. *Prev Nutr Food Sci*. 18(2): 133–138
- Suschetet, M., Siess, M. H., Le Bon, A. M. & Canivenc-Lavier, M. C. (1996).** Anticarcinogenic properties of some flavonoids. In *Polyphenols 96 – Les Colloques 87*. Edition *Inra*, p 165, 204.

T

- Taiwo Ayodele Aderinola,** Nutritional, Antioxidant and Quality Acceptability of Smoothies Supplemented with *Moringa oleifera* Leaves, *Beverages* 2018, 4, 104; doi:10.3390
- Tapas, A. R., Sakarkar, D. M., & Kakde, R. B. (2008).** Flavonoids as nutraceuticals: A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1089 – 1099.
- Tapiero H., Townsend D.M., Tew K.D. (2004).** The role of carotenoids in the prevention of human pathologies *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 58, 100–110.

Toth B.G. and Pavia H. (2001). Removal of dissolved brown algal phlorotannins using insoluble polyvinyl polypyrrolidone (PVPP). *Journal of Chemical Ecology*, **27** (9): 1899-1910.

Touafek O ,2010 : Etude phytochimique de plantes médicinales du nord et du sud algérien.Thèse de doctorat. Universitédeconstantine. PP 9-12-76.

Trrier, N., Poncet-Legrand, C., and Cheynier, V. (2009).Flavonols, flavonolsanddihydroflavonols. *Wine chemistry and biochemistry*. 10:463-507.

Tsumbu, C. N. (2012). Contribution à l'étude des polyphénols de quelques plantesalimentaires du Bas-Congo et de leurs activités antioxydant in vitro. *Thèse dedoctorat*, l'université de Liège.1-126.

U

Uckoo RM, Jayaprakasha GK, Balasubramaniam VM, PatilBS. 2012. Grapefruit (*Citrus paradisi*Macfad) phytochemicals composition is modulated by household processing techniques. *J Food Sci* 77: C921-C926.

Ulanowska, K., Traczyk, A., Konopa, G &Wegrzyn, G. (2008). Differential antibacterial activity of genistein arising from global inhibition of DND, RNA and protein synthesis in somebacterial strains. *Arch. Microbiol*, **184** (5), 271 –278.

V

Valko M., Rhodes C.J.,Moncol J. , Izakovic M. et Mazur M. 2006. Free radicals, metalsand antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*. **160**:1-40.

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M. and Telser, J. (2007)."Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease."*Internatinal Journal of Biochemical Cell Biology* 39(1): 44-84.

Van Den Berg H et Van Vliet T. 1998. Effect of simultaneous, single oral doses of β -carotene with lutein or lycopene on the β -carotene and retinyl ester responses in thetriacylglycerol-rich lipoprotein fraction of men. *American Journal of ClinicalNutrition*. 68:82-89.

Villeneuve F, Le Cam B, Rouxel F., Analyse de la ore fongique de la carotte conservée aufroid: prépondérance de *Mycocentrosporaacerina*.

Villeneuve F. 1999. La carotte. In « Technologie des légumes ». Edition : Tec &Doc, Lavoisier. pp 45-63.

Visioli, F., Borsani, L., & Galli, C. (2000). Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of Phytochemicals. *CardiovascularResearch*, 419 – 425.

Voutilainen S, Nurmi T, Mursu J et Rissanen T. H . 2006. Carotenoids and cardiovascular health . *American Journal of Clinical Nutrition*. 83:1265–1271.

W

Weiss J. F. & Landauer M. R. 2003. Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals. *Toxicology*. 189 : 1-20.

Witherspoon J. M. et Jackson J. F., 1995. Modern Methods of Plant Analysis. *In*: Linskens H. F., Jackson J F. *Fruit Analysis*. Springer, p111.

Y

Yamanaka, N., Samu, O., & Nagao, S. (1996). Green tea catechins such as (-) epicatechin and (-) epigallocatechin accelerate Cu²⁺ induced low density lipoprotein oxidation in propagation phase. *Febs Lett*, **401**, 230 – 234.

Young-Hee Pyo, Yoo-Jeong Jin, and Ji-Young Hwang *Prev. Nutr. Food Sci.* 2014;19(2):108-114

Z

Zhang D et Hamouzu Y. 2004. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrot (*Daucus carota* L.). *Food Agriculture and Environment*. 2(1): 95-100.

Zimmer N, Cordesse R. (1996). influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. *INRA prod. Anim* 9 , 167-179.

Zino S & Al (1997). Randomised Controlled trial of effect of fruit and vegetable consumption on plasma concentration of lipids and antioxidant. *BMJ*. 91:314-1787.