

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons tout d'abord à remercier le « bon dieu » le tout puissant, de nous avoir accordé le courage, la patience et surtout la santé pour réaliser notre travail.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent à :

M^r AMIR Y. Professeur au département des sciences agronomiques à l'U.M.M.T.O, pour avoir accepté de nous encadrer, pour son aide et ses conseils précieux ainsi pour ses discussions enrichissantes et sa gentillesse.

M^r BENGANA M. Maître de conférences B au département des sciences agronomiques à l'U.M.M.T.O, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury ainsi que pour ses nombreux conseils et ses orientations.

M^r SADOUDI R. Maître de conférences B au département des sciences agronomiques à l'U.M.M.T.O, pour avoir honoré ce travail en acceptant de l'examiner.

M^{me} REMANE Y. Maître assistante A à l'U.M.M.T.O, pour avoir honoré ce travail en acceptant de l'examiner.

Nos remerciements vont également au personnel du laboratoire pour leur accueil, disponibilité et gentillesse.

Enfin, nous remercions profondément toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces

Ce modeste travail achevé avec l'aide de Dieu le tout puissant, je le dédie à
toutes les personnes que j'aime.

A mes très chers parents qui ont été toujours présents à mes côtés par leur
amour, soutien et encouragement.

A mes adorables frères : Yanis et Anaïs.

A mon oncle Hakim et sa femme Hakima.

A tous mes oncles et tantes.

A tous mes cousins et cousines.

A mes chers amis.

Comme je le dédie également au terme de reconnaissance à Melisa et toute sa
famille.

A tous les enseignants qui m'ont suivies au long de mon cursus universitaire.

A tous ceux qui m'ont aidé et contribué à ma formation.

A toutes les personnes qui m'ont vraiment soutenue et aidé même si de loin ;
vous êtes une source de force pour moi ; je vous estime.

A toute la promotion Transformation et conservation des produits agricoles
(2016-2017).

Mohamed

Dédicaces

Ce modeste travail achevé avec l'aide de Dieu le tout puissant, je le dédie à
toutes les personnes que j'aime.

A mes très chers parents qui ont été toujours présents à mes côtés par leur
amour, soutien et encouragement.

A mes adorables frères : Mona, Naila et Aymen, Thanina.

A tous mes oncles et tantes.

A mon oncle Aziz et sa femme.

A mes chers amis.

Comme je le dédie également au terme de reconnaissance à Mohamed et toute
sa famille.

A tous les enseignants qui m'ont suivies au long de mon cursus universitaire.

A tous ceux qui m'ont aidé et contribué à ma formation.

A toutes les personnes qui m'ont vraiment soutenue et aidé même si de loin ;
vous êtes une source de force pour moi ; je vous estime.

A toute la promotion Transformation et conservation des produits agricoles
(2016-2017).

Melisa

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
I	Systématique de <i>l'Opuntia ficus indica</i> .	7
II	Principaux pays producteurs de la figue de barbarie dans le monde.	13
III	Produit potentiels et sous-produits de la figue de barbarie.	17
IV	Composition physico-chimique et minérale de la pulpe de la figue de barbarie.	20
V	Composition des trois compartiments de la figue de barbarie en glucides (% de matière sèches).	21
VI	Composition en matières azotées et lipides dans les trois compartiments de la figue de barbarie.	22
VII	Composition en minéraux de 100 g de pulpe.	22
VIII	Composition des trois compartiments de la figue de barbarie en fibre (% de fibre totaux, MS).	23
IX	Les principales catégories de l'orange douce.	31
X	Composition chimique de l'orange sanguine.	33
XI	Caractéristiques de la variété de la figue de barbarie étudiée.	35
XII	Valeurs du pH de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	47
XIII	L'extrait sec soluble de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	48
XIV	L'acidité titrable de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	49
XV	Les teneurs en pulpe de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	51
XVI	Le taux de cendre de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	52
XVII	Les teneurs en sucre totaux, réducteurs et saccharose de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	53
XVIII	La teneur en eau et en matière sèche de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	55
XIX	Les teneurs en vitamine C de la pulpe de la figue de barbarie et	57

Liste des tableaux

	de l'orange sanguine.	
XX	L'indice de formol de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	58
XXI	Les teneurs en caroténoïdes de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	59
XXII	Les teneurs en composés phénoliques de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	61
XXIII	Les teneurs en betacyanines et en betaxanthines de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	62
XXIV	L'Activité antioxydante de la pulpe de la figue de barbarie, le jus d'orange et les étalons.	64
XXV	Test <i>t</i> de Student des différents paramètres physicochimiques de pulpe de figue de barbarie et de l'orange sanguine.	Annexe 3

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
1	Photographie du figuier de barbarie (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	4
2	Photographie des cladodes.	4
3	Photographie des feuilles du cactus.	5
4	Photographie des fleurs du figuier de barbarie.	5
5	Photographie du fruit du cactus.	6
6	Photographie des graines de la figue de barbarie.	6
7	Photographie des différentes variétés d' <i>Opuntia ficus-indica</i> .	7
8	La rouille d' <i>Opuntia ficus indica</i> .	10
9	Le mildiou d' <i>Opuntia ficus indica</i> .	11
10	La cératite d' <i>Opuntia ficus indica</i> .	11
11	Les cochenilles d' <i>Opuntia ficus indica</i> .	12
12	Coupe transversale de la pelure du fruit du figuier de barbarie. S : stomate, E : épiderme, C : collenchyme (par MEB).	14
13	Coupe transversale de la graine de la figue de barbarie (par M. Optique).	15
14	Fibres de sclérenchyme fusiformes (spindle) (a), organisées en strates hélicoïdales de cellulose (b) (MEB).	16
15	Structures chimiques des glucides.	22
16	Structure chimique de quelques caroténoïdes	25
17	Structures chimiques de betacyanines et de betaxanthine identifiées dans la figue de barbarie.	26
18	Structures chimiques des flavonoïdes.	27
19	Coupe longitudinale et schéma descriptif de Citrus.	30
20	Diagramme de la préparation de la matière première de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.	36
21	Comparaison du pH de la pulpe de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	48
22	Comparaison du degré Brix de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	49
23	Comparaison de l'acidité de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	50
24	Comparaison de la teneur en pulpe de la pulpe de la figue de	51

Liste des figures

	barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	
25	Comparaison du taux de cendres de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	53
26	Comparaison de la teneur en sucres totaux, réducteurs et saccharose de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	55
27	Comparaison de la teneur en eau et de la matière sèche de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	56
28	Comparaison du taux de la vitamine C de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	58
29	Comparaison du l'indice de formol de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	59
30	Comparaison de la teneur en caroténoïdes de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	60
31	Comparaison de la teneur en composés phénoliques de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.	62
32	Estimation de l'Activité antioxydante de la pulpe de la figue de barbarie, le jus d'orange et les étalons.	65

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : degré Celsius.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

DCPIP : 2,6-dichlorophénolindophénol

DO : Densité Optique.

Fe⁺²: Fer ferreux.

Fe⁺³: Fer ferrique.

FeCl₃: Chlorure ferrique.

g : gramme.

ha : Hectare.

J.C. : Jésus cris.

Kcal : Kilocalories.

Kg : Kilogramme.

KPa: Kilopascal

L: litre.

MEB: Microscope électronique à balayage.

Meq : Milliéquivalent.

mg : milligramme.

min : minute.

ml : millilitre.

MS : Matière sèche.

N° : Numéro.

nm : Nanomètre.

pH : Potential d'hydrogène.

Cm : Centimètre.

a_w : Activité de l'eau.

M±E : Moyenne ± Ecart type.

ddl : Low Density Lipoprotein.

Liste des abréviations

EAG: Equivalent en acide gallique.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 1

1/Partie théorique

Chapitre I : Généralités sur le figuier de barbarie

I. Généralités sur le figuier de barbarie	2
I.1. Historique.....	2
I.2. Répartition géographique.....	2
I.3. Description botanique	3
I.3.1. Raquettes (cladodes)	4
I.3.2. Feuilles	4
I.3.3. Appareil racinaire.....	5
I.3.4. Fleurs.....	5
I.3.5. Fruit.....	5
I.4. Classification taxonomique.....	6
I.5. Les variétés de la figue de barbarie.....	7
I.6. Biologie du figuier de barbarie	8
I.7. Le mode de multiplication du figuier de barbarie.....	9
I.8. Exigences écologique du figuier de barbarie	9
I.8.1. Facteurs edapho-climatiques.....	9
I.8.2. Facteurs biotiques	10
I.9. Importance dans le monde	12
I.10. Les compartiments de la figue de barbarie	13
I.10.1. Les épiluchures	13

I.10.2. le jus pulpeux	14
I.10.3. La graine	14
I.11. Intérêts et utilisation du figuier de barbarie	16
I.11.1. Intérêt nutritionnel	16
I.11.2. Intérêt médicinale.....	17
I.11.3. Intérêt écologique.....	17
I.11.4. Intérêt économique.....	18
I.11.5. Intérêt dans la fabrication cosmétique	18
I.11.6. l'apiculture	18
I.11.7. Culture maraichère.....	18
I.11.8. Autre	18

Chapitre II : Propriétés physico-chimiques de la figue de barbaries

II.1. Composition chimique et valeurs nutritionnelle.....	20
II.1.1. L'eau	21
II.1.2. Les glucides	21
II.1.3. Matières azotée et lipides	22
II.1.4. Les minéraux	22
II.1.5. Les fibres	23
II.1.6. Les vitamines	23
II.1.7. Les acides organique	23
II.1.8. Composition en antioxydants	24
II.1.8.1. Les composés phénoliques	24
II.1.8.2. Les caroténoïdes	25
II.1.8.3. Les bêtaïnes	25
II.1.8.4. Les flavonoïdes.....	26

II.2. Valorisation de la figue de barbarie.....	27
II.3. Conservation et qualité	28

Chapitre III : Généralités sur l'orange sanguine

III.1. L'orange	30
III.1.1. Définition	30
III.1.2. Structure	30
III.1.3. Les espèces et les principales variétés.....	31
III.2. L'orange sanguine	32
III.2.1. Définition	32
III.2.2. Classification	32
III.2.3. Composition chimique et valeurs nutritionnelle	32
III.2.4. Intérêts de l'orange sanguine.....	33

2/ Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

I. Matériels et méthodes	35
I.1. Matériels végétales.....	35
I.2. Préparation de la matière première	35
I.3. Détermination des paramètres physico-chimiques	36
I.3.1. Mesure du pH.....	36
I.3.2. Mesure du degré Brix.....	37
I.3.3. L'acidité titrable.....	38
I.3.4. Pulposité.....	38
I.3.5. Détermination de taux de cendres	39
I.3.6. Dosage des sucres	40

I.3.7. Détermination de la teneur en eau (Humidité).....	41
I.3.8. Dosage de la vitamine C	42
I.3.9. Détermination de l'indice de formol.....	44
I.3.10. Dosage des caroténoïdes	44
I.3.11. Dosage des composés phénoliques	45
I.3.12. Extraction et dosage des bêtalaines.....	45
I.3.13. Le test antioxydant ou pouvoir réducteur	46

Chapitre II : Résultats et discussion

II. Résultats et discussion	47
II.1. Caractérisation physico-chimique	47
II.1.1. Le pH	47
II.1.2. Degré Brix ou l'extrait sec soluble	48
II.1.3. L'acidité titrable.....	49
II.1.4. Pulposité	50
II.1.5. Taux de cendres	52
II.1.6. Les sucres	53
II.1.7. La teneur en eau (Humidité) et en matière sèche	55
II.1.8. La vitamine C	57
II.1.9. L'indice de formol	58
II.1.10. Les caroténoïdes	59
II.1.11. Les composés phénoliques	61
II.1.12. Les bêtalaines	62
II.1.13. L'activité antioxydante	63
Conclusion et perspectives	66

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

La figue de barbarie (*Opuntia ficus indica*) appartient à la famille des *Cactaceae*, qu'on rencontre dans les zones arides ou semi arides, naturellement ou cultivées. Ces fruits en forme de poire de cactus (en anglais prickly pear) est un vrai trésor naturel, qui est largement distribuée au Mexique, beaucoup en Amérique latine, l'Afrique du sud et le bassin méditerranéen (**PIMENTA-BARRIOS, 1994; BUTERRA et al., 2002**). Longtemps marginalisé, la production fruitière de la figue de barbarie est en nette progression (**MAATAOUI et al., 2006**).

La figue de barbarie, « Hendi » ou « Kermouss N'ssara » a par ailleurs beaucoup de vertus (**FADILA., 2017**). Elle est considérée comme un fruit sain et nutritif ayant des caractéristiques sensorielles uniques. Le fruit, la fleur et la tige, sont traditionnellement utilisés à des fins médicinales, grâce à leurs capacités à guérir certaines maladies : *Opuntia ficus indica* est riche en éléments nutritionnels et protecteurs (**MAATAOUI et al., 2006**).

En Algérie, la culture de la figue de barbarie est encore modeste, son développement spontané est localisée principalement sur la côte méditerranéenne (**CHOUGI et al., 2014**). Ce fruit est considéré comme un produit bon marché dans toute les régions de l'Algérie, puisque il n'est pas exigeant pour sa culture et occupe des territoire impropres à l'agriculture notamment les zones de montagne (**CHAVEZ-SANTOSCOY et al., 2009**).

Malgré l'importance du fruit de figuier de barbarie très peu d'informations existent sur sa pulpe, et sur les variétés locales. C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui se divise en deux parties : une synthèse bibliographique incluant quelques généralités sur le figuier de barbarie et quelques notions générales sur l'orange sanguine qui nous servira de référence et une partie expérimentale incluant un ensemble d'analyse physico-chimiques sur la pulpe de la figue de barbarie (*Opuntia ficus indica*) et également l'étude de l'activité antioxydante dont l'objectif est :

- Identifier les caractéristiques physicochimiques de la pulpe d'*Opuntia ficus indica*.
- Rvéler ces propriétés antioxydantes.
- Comparer les résultats obtenus à un autre fruit très courant qui est l'orange (sanguine) sur lequel on a effectué les mêmes analyses.
- Enrichir la documentation sur ce fruit et attirer l'attention sur l'importance de ce fruit en vue de son exploitation future par les industries agroalimentaires en cas d'excès de production.

Partie théorique



Chapitre I

Généralités sur le figuier de barbarie



I. Généralités sur le figuier de barbarie

I.1. Historique

Le figuier de barbarie est originaire des régions arides et semi-arides du Mexique (ABDEL-HAMEED, et *al.*, 2014), où il a été utilisé par l'Homme depuis 6500 ans avant Jésus Christ et fût l'une des bases de l'alimentation des population indigènes (ARABA, et *al.*, 2000). Il se développe dans plusieurs régions telles que l'Afrique (YAHIA & MONDRAGON-JACOBO, 2011), L'Australie, le Bassin méditerranéen, et certaines parties de l'Asie. Il a été dispersé du monde entier vers l'Amérique à la fin du 15^{ème} siècle (YAHIA & MONDRAGON-JACOBO, 2011). Au 18^{ème} siècle, il avait pris une extension considérable en Sicile (MAATAOUI & HILALLI, 2004). Ce dernier a été introduit dans le nord du Brésil au 19^{ème} siècle (FALCÃO, et *al.*, 2013).

Environ 1500 espèces de cactus sont dans le genre *Opuntia* et beaucoup d'entres elles produisent des fruits comestibles et fortement favorisés (JEONG-CHAE et *al.*, 2002).

I.2. Répartition géographique de l'*Opuntia* :

L'*Opuntia* se développe dans diverses régions et sous divers climats. Il est présent en général dans les régions tropicales à faible pluviométrie. Ses capacités d'emmagasiner des réserves d'eau et de réduction de transpiration expliquent sa résistance à la sécheresse et sa répartition dans le monde. De toutes les cactacées, ce sont celles qui supportent le mieux les conditions de vie les plus dures (ROJAST, 1990).

➤ En Amérique :

Aux Etats Unis, L'*Opuntia* se trouve principalement dans les Etats du sud, particulièrement dans le Texas, l'Arizona et éventuellement en Californie du sud au nouveau Mexique (MAHMOUDI, 2000).

Le rendement des figuiers de barbarie varie de 125 à 137 tonnes par hectare et par an. La culture de ces figuiers est surtout pratiquée à des fin fruitières et fourragères (KHOURI, 1970), En continent d'Amérique, c'est surtout au Mexique qu'il est le plus abandon avec près de 5 millions d'hectares (CORREAL, 1998).

➤ En Asie et en Europe :

L'introduction de l'*Opuntia* dans ce continent a eu lieu à la fin du 17^{ème} siècle et au 18^{ème} siècle (**BARBERA et al., 1995**).

La culture de l'*Opuntia* s'est développée dans toute la partie occidentale de la mer méditerranéenne, notamment au sud de l'Espagne jusqu'au Portugal et de la Sicile aux Calabres (Italie) (**LE HOUEROU, 1996**).

➤ **En Afrique :**

• **Afrique du sud**

L'*Opuntia* épineux occupait en 1942 une superficie importante avec près de 860 000 ha. Des mesures ont été prises pour diminuer l'extension de cette variété épineuse par l'introduction des cochenilles (**KADIK, 1974**).

L'*Opuntia* inerme résistant aux cochenilles a été de ce fait sélectionné et multiplié dans les zones arides à des fins fourragères (**KADIK, 1974**).

• **Afrique du Nord**

En Afrique du nord (Maroc, Tunisie, Algérie), le figuier de barbarie fait, depuis plusieurs décennies, partie intégrante du paysage des régions côtières et insulaires (**CASA & BARBERA, 2002; MULAS & MULAS, 2004**).

En Tunisie, le cactus est implanté depuis le 17^{ème} siècle (**KADIK, 1974**). La plantation de l'*Opuntia* dans ce pays connaît un développement important notamment depuis l'introduction et l'extension de la variété inerme. La Tunisie dispose de 40 000 à 50 000 ha de cactus dont environ 35 000 ha dans la zone steppique (**NEFZAOUI et CHEMILI, 1991**).

Au Maroc, la culture du figuier de barbarie a été propagé sur différents aires écologiques du Royaume, allant des rives de la méditerranée jusqu'à la vallée de Draa (**WALALI, 1997**).

I.3. Description botanique

Le figuier de barbarie ou le cactus est une grande plante qui peut mesurer jusqu'à 5 m de hauteur (**Figure N°1**) (**HABIBI, 2004**). Cette plante originaire du Mexique, appartient à la famille des Cactaceae (**FALCÃO, et al., 2013**). Les pelures et les raquettes sont considérés comme des sous-produits, ou même des déchets (**TAMER, et al., 2014**).



Figure N°1 : Photographie du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) (ANONYME, 2017)

Le cactus comprend les parties suivantes :

I.3.1. Raquettes (cladodes)

La raquette s'appelle aussi « Nopalitos » (TAMER, et al., 2014), elle est de forme aplatie, elliptique ou ovoïde, de couleur verte, d'une taille variante entre 17 et 38 cm de long sur 12 à 26 cm de large et de 1,1 à 3,1 cm d'épaisseur (WANG, et al., 1998), couverte de petites aréoles et d'épines (HABIBI, 2004). Elle est utilisée comme fourrage pour les animaux et comme légumes frais ou transformée pour la consommation humaine. Cet organe est également utilisé dans la médecine traditionnelle ou comme constituant fonctionnel pour les produits pharmaceutiques (TAMER, et al., 2014) (Figure N°2).



Figure N°2 : Photographie des cladodes (ANONYME, 2017)

I.3.2. Feuilles

Les feuilles du cactus sont rudimentaires, de forme conique et apparaissent sur les jeunes cladodes, et le rôle est la production d'hormones végétales tel que l'auxine (MAUSETH, 2007) (Figure N°3).



Figure N°3 : Photographie des feuilles du cactus (ANONYME, 2017).

I.3.3. Appareil racinaire

L'appareil racinaire est superficiel, il facilite l'absorption des eaux souterraines dans les sols de faibles consistances, bien qu'il soit robuste et capable de coloniser de façon efficace les milieux difficiles. Cet organe végétal améliore aussi la possibilité d'accueillir dans les racines des micro-organismes fixateurs d'azote (CHOUGUI, 2014).

I.3.4. Fleurs

Les fleurs se trouvant sur la face la plus exposée au soleil, sont hermaphrodites, de couleur jaune ou orange (CHOUGUI, 2014), deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante (HABIBI, 2004). (Figure N°4).



Figure N° 4 : Photographie des fleurs du figuier de barbarie (ANONYME, 2017)

I.3.5. Fruit

Le fruit présente une variabilité de couleur (blanc, vert, jaune, rouge, violet, rouge et brun), de taille, de forme (ovoïde, ronde, elliptique, allongée), et de qualité. (CHOUGUI, 2014). (Figure N°5).



Figure N°5 : Photographie du fruit du cactus (ANONYME, 2017).

Il est connu par sa forte sensibilité aux invasions microbiennes, ce qui limite sa durée de conservation à son état frais ; en effet, la croissance fongique reste la cause principale de la perte de sa qualité (PIGA, et *al.*, 2003). C'est un fruit pulpeux, lisse, doux, contenant de nombreuses graines, très riche en sucre et en vitamine C (MAATAOUI & HILALLI, 2004).

Il est composé d'écorce, de jus pulpeux, de graines (Figure N°6), et de pulpe comestible (FEUGANG, et *al.*, 2006; GURRIERI, et *al.*, 2000; RAYES-AGUERO, et *al.*, 2005; C. SAENZ & SEPULVEDA, 2001).



Figure N°6 : Photographie des graines de la figue de barbarie (ANONYME, 2017).

I.4. Classification taxonomique

Le mot Cactus vient du mot grec *kaktos* donné par Théophraste (287-372 av.J.-C.) à une plante alimentaire épineuse croissant en abondance en Grèce et en Sicile mais qui n'a rien à voir avec le Nopal. Gesner, dans son *Historia plantarum*, dit qu'il s'agissait probablement de l'artichaut ou du cardon. En 1770, Adrien de Jussieu emploie le mot Cactus pour dénommer la famille des cactacées. Le nom de Cactus servira à Linné (1707-1778) de terme fourre-tout pour regrouper les spécimens de plantes curieuses, inclassables par ailleurs (SCHWEIZER, 1999).

La classification rapportée par (BARBERA, 2007), est la suivante :

Tableau N°I : Systématique de l'*Opuntia ficus indica* (BARBERA, 2007).

Règne	Végétale
Ordre	Caryophyllales
Sous-ordre	Portuacineae
Famille	Cactaceae
Sous-famille	Opuntioideae
Genre	Opuntia
Sous-genre	Opuntia
Espèce	<i>Opuntia ficus-indica</i>

I.5. Les variétés de la figue de barbarie

Selon (ARABA et al., 2000), plusieurs cultivars existent et se distinguent par :

- La forme des fruits (oblongue ou ronde) ;
- La couleur de la fleur (jaune, orange, rose) ;
- La couleur de la pulpe et du fruit (verte, jaune, orange, rouge propre) (Figure N°7) ;
- Les périodes de floraison (précoce, tardive) ;
- Les caractéristiques organoleptiques des fruits (les fruits sucrés, juteux de bonne consistance et avec le moins possible de graines sont les plus appréciés).

L'espèce *Opuntia ficus-indica* est la principale espèce productrice de fruits comestibles, mais elle n'est pas la seule. D'autres espèces telles que *O. streptacantha* Lemaire, *O. indheimeri* Engel et *O. robusta* Wendland, produisent également des fruits exotiques très recherchés (KENNY, 1997).



Verte



Rouge



Orange



Jaune

Figure N°7 : Photographie des différentes variétés d'*Opuntia ficus-indica* (ANONYME, 2017).

D'après, aussi, (ARABA *et al.*, 2000), il existe de nombreuses variétés de cactus qui se distinguent en deux groupes :

- **Les cactus inermes** qui sont souvent domestiqués et cultivés sur des surfaces limitées. Les plants issus de semis sont épineux la première année et les aiguillons disparaissent à partir de la deuxième année.
- **Les cactus épineux** qui sont les plus répandus car ils résistent à la destruction par le bétail. Cependant, quand la sécheresse est trop forte et que l'herbe se fait rare, les dromadaires se rabattent sur les raquettes de cactus en dépit de leurs épines.

Les deux formes de l'*Opuntia ficus-indica* Mill, épineuse et inermes, présentent une variabilité à tous les niveaux ; cladode, fruit, épine et graine. Il existe une grande variabilité au niveau des fruits et raquettes (CHAOUCHE et ABDUL HUSSAIN, 2008).

Le caractère épineux est dominant par rapport au caractère inermes, ce qui offre des possibilités de sélection des clones sans épines chez beaucoup d'espèces de cactus (KENNY, 1997).

I.6. Biologie du figuier de barbarie

Le figuier de barbarie est une plante xérophytique succulente capable d'emmagasiner une grande quantité d'eau. Elle appartient au genre *Opuntia* qui est subdivisé en quatre sous-genre. Un arbre à l'âge adulte a 5 m de haut avec un tronc épais, ligneux comprenant plusieurs raquettes (cladodes) ayant une longueur de 30 à 50 cm et une largeur de 15 à 30 cm. La couleur des cladodes est vert mat, ceux-ci sont couverts de petites aréoles, d'épines et de glochides. Les cladodes ont une grande capacité d'emmagasiner l'eau surtout au niveau des tissus parenchymateux qui peuvent accumuler à eux seuls 82% de l'eau retenue par la plante. (HABIBI, 2004).

Les racines sont généralement superficielles et facilitent ainsi l'absorption des eaux métaboliques de faible consistance, mais en même temps, elles sont robustes et capables de coloniser de façon efficace les milieux difficiles. La capacité de colonisation des milieux de faible fertilité pédologique est améliorée par la possibilité d'accueillir dans les racines des micro-organismes fixateurs d'azote (MULAS et MULAS, 2004).

Sur le plan physiologique, l'*Opuntia ficus-indica* est une plante de type CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*). Elle a la particularité de fixer le dioxyde de carbone et de

libérer l'oxygène pendant la nuit et de fermer ses stomates pendant le jour. Ce dispositif permet une moindre perte d'eau par évapotranspiration pendant les heures les plus chaudes.

La pénétration de l'air par les stomates ouverts s'effectue pendant la nuit, et c'est à ce moment-là, que le dioxyde de carbone (CO₂) est fixé dans les tissus de chloroplaste par le phosphoénolpyruvate (PEP), résultant du métabolisme des hydrates de carbone via la glycolyse, pour donner l'oxaloacétate. Cet élément est à son tour transformé en malate pour être stocké dans la vacuole. Pendant le jour, le malate se décompose en pyruvate et libère le dioxyde de carbone et l'eau directement au niveau des tissus chlorophylliens qui s'en servent pour la suite de la photosynthèse selon le cycle de Calvin. C'est une différence fondamentale avec les plantes ordinaires (mésophytes), pour que la photosynthèse s'effectue le jour à partir du dioxyde de carbone fraîchement importé de l'atmosphère (**HABIBI, 2004**).

I.7. Le mode de multiplication du figuier de barbarie

La multiplication se fait principalement par voie asexuée, à travers les pousses, les fruits et les raquettes d'une ou plusieurs années. La reproduction se fait également par ensemencement. La fructification chez les plantes par multiplication asexuée commence deux à trois ans après l'implantation, tandis que la pleine production est atteinte à la septième année. Généralement, avec une densité d'implantations de 2000 plantes/ha, on peut obtenir 30t de fruits d'excellente qualité, à partir de la quatrième année d'implantation (**YASSEEN et al, 1996**).

I.8. Exigences écologiques du figuier de barbarie

I.8.1. Facteurs édapho-climatiques

Le figuier de barbarie possède une grande adaptation aux conditions les plus hostiles (aridité du climat, salinité des sols, terrains de faible potentiel agricole). Son extension est limitée surtout par les basses températures hivernales, son seuil de tolérance étant de -10°C (**WALALI, 1997**).

Le cactus s'accommode mal des sols hydromorphes et asphyxiants. Les sols préférés sont les sols légers, sablonneux-limoneux. Il s'agit des sols légèrement pauvres en matière organique (0,1-0,8%), ayant des pH légèrement acides (5,1-6,7). Pour plusieurs espèces

d'*Opuntia* le pH du sol est un facteur limitant, mais l'*Opuntia ficus-indica* est rencontré même sur des sols calcaires (WALALI, 1997).

I.8.2. Facteurs biotiques

De nombreux parasites et maladies sont rencontrés dans le cactus (WALALI, 1997) :

- **La rouille** (*Phyllostica opuntiae*): se manifeste par de petites taches de couleur jaune-rouille, circulaires, pouvant s'étendre en plaques irrégulières d'un blanc sale ou cendré. Ce sont surtout les raquettes de deux ans qui, une fois attaquées, n'émettent que peu de cladodes, et finissent par se dessécher. Maladie des zones humides, elle est efficacement combattue par des traitements à base de cuivre et l'ablation des raquettes parasitées.



Figure N°8 : La rouille d'*Opuntia ficus indica* (ANONYME, 2017)

- **Le mildiou** des cactus (*Phytophthora cactorum* Schr., *P. omnivera* De Bary): Les symptômes de la maladie se présentent sous forme de cloques soulevant l'épiderme, d'état chlorotique prononcé et de taches brunâtres qui envahissent les fruits et les raquettes. La sensibilité à la maladie est variable en fonction des variétés. Une lutte préventive consiste à couper et incinérer les parties parasitées de la plantes.



Figure N°9 : Le mildiou d'*Opuntia ficus indica* (ANONYME, 2017)

- **La cératite** (*Ceratitis capitata* Weid): La mouche méditerranéenne des fruits peut occasionner des dégâts importants certaines années dans les plantations mal entretenues. Un insecticide de synthèse permet de se débarrasser facilement de cet insecte.



Figure N°10 : La cératite d'*Opuntia ficus indica* (ANONYME, 2017)

- **Les cochenilles:** bien que généralement polyphages, certaines espèces de cochenilles sont des parasites spécifiques et inféodées à l'espèce *Opuntia*. Dans les vergers mal entretenus, la cochenille du figuier se développe sur l'écorce, les feuilles et les fruits sécrètent une substance cireuse blanc-rosâtre. Certains cultivars inermes de cactées sont résistants aux cochenilles. La lutte contre les cochenilles nécessite des traitements aux huiles blanches ou au parathion.



Figure N°11 : Les cochenilles d'*Opuntia ficus indica* (ANONYME, 2017)

- **Le champignon:** Une maladie localisée qui est due à *Bosellinia necatrix*. Elle se manifeste par un feutrage mycélien blanc sur les racines et le dessèchement de l'extrémité des rameaux.

I.9. Importance dans le monde

Longtemps méprisé par les riches, qui le considéraient « tout juste bon à nourrir les indigènes, les marins, la cochenille et les cochons », le Nopal connaît aujourd'hui une fantastique et juste revanche (SCHWEIZER, 1997). La production fruitière du figuier de barbarie est en nette progression, vue l'importance socio-économique et environnementale de cette culture (MAATAOUI et al., 2006).

La culture du figuier de barbarie est actuellement pratiquée de façon intensive dans plusieurs pays, soit en tant que culture fourragère, ou même en tant que culture maraîchère. La production de fruits reste cependant l'aspect le plus recherché et le plus développé (Tableau N°2) (KENNY, 1997).

Tableau N°II : Principaux pays producteurs de la figue de barbarie dans le monde (PIGA, 2005).

Pays	Surface (ha)	Usages
Mexique	3, 000,000	Fourrage, fruit, colorant
Bolivie	500,000	Fourrage, fruit
Afrique du Nord	200,000	Fourrage, fruit
Pérou	35,000	Colorant
Italie	8,000	Fruit
Espagne	3,000	Colorant
Afrique du Sud	1500	Fruit
Brésil	1200	Fruit, Colorant
Chili	1000	Fruit
Argentine	800	Fruit
Israël	300	Fruit
Californie	150	Fruit

I.10. Les compartiments de la figue de barbarie

I.10.1. Les épiluchures

La pelure de la figue de barbarie constitue environ 35% du poids total du fruit (HABIBI, 2004). Elle est livrée dans un arc-en-ciel de couleurs allant du vert, jaune, orange, rouge, violet, et même au brun (FEUGANG *et al.*, 2006).

L'observation au microscope électronique à balayage d'une coupe transversale de la pelure du fruit de la figue de barbarie permet de différencier trois types de tissus de l'extérieur vers l'intérieur (Figure N°12) :

- **L'épiderme** : le tissu de revêtement primaire, réduit à une seule assise de cellules à paroi cellulosique. Elle est protégée par une mince cuticule imperméable de nature lipidique interrompue par des endroits par des ouvertures appelées stomates (HABIBI, 2004).
- **Le collenchyme** : ce sont des cellules à paroi cellulosique très épaisse et très riche en polysaccharides de nature pectique et hémicellulosique. Ces cellules sont remplies d'une substance visqueuse appelée mucilage, il semble jouer un rôle clé dans l'aptitude à retenir l'eau dans les plantes (HABIBI, 2004).
- **Le parenchyme** : c'est le tissu cellulaire le plus abondant. On distingue nettement deux types de parenchymes : le parenchyme de réserve et le parenchyme aquifère. (HABIBI, 2004).

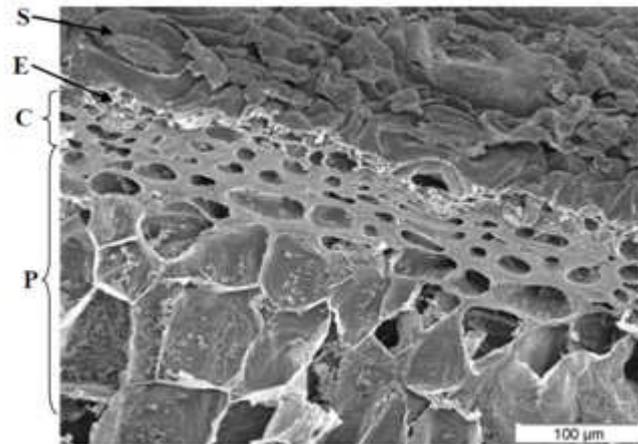


Figure N°12 : Coupe transversale de la pelure du fruit du figuier de barbarie.

S : Stomate, E : Epiderme, C : Collenchyme, P : Parenchyme (par MEB) (**HABIBI, 2004**).

I.10.2. le jus pulpeux

Le jus pulpeux du fruit représente environ 43 à 57% du poids total du fruit (**PIGA, 2004**). Il a une couleur attrayante qui varie d'un vert doux, verdâtre-blanc, canarie-jaune, jaune orange, jaune citron, rouge, et pourpres (**MUNOZ DE CHAVEZ et al., 1995; GURRIERI et al., 2000 ; SAENZ et SEPULVEDA, 2001**). Ces couleurs attrayantes sont dues aux bétalaines comportant les bêtacyanine rouge-violettes et les betaxanthines jaune-orange (**ODOUX et DOMINGUEZ-LOPEZ, 1996; STINTZING et al., 1999; FERNANDEZ-LOPEZ et ALMELA, 2001; SAENZ, 2002; STINTZING et al., 2002**).

Le jus de la figue de barbarie obtenu après cuisson du fruit sans l'ajout d'eau ni de sucre, donne une délicieuse boisson qu'il faut boire fraîche, le plus rapidement possible. En effet après quelques heures, ce jus fermente naturellement (**SCHWEIZER, 1999**).

I.10.3. La graine

Les graines de la figue de barbarie présentent des variations considérables dans la forme, la taille, la structure, et les caractéristiques de l'embryon, elles représentent 10 à 15% de la pulpe comestible (**RAYES-AGUERO et al., 2005**). La quantité des graines est importante car elle varie de 20 à 40% par poids sec du fruit entier, selon les cultivars (**HABIBI et al., 2002**).

Les graines du figuier de barbarie ont suscité ces dernières années beaucoup d'intérêt à l'instar des autres pépins. Cependant, l'attention s'est focalisée surtout sur les huiles contenues dans ces graines (**SAWAYA et al., 1983**).

L'huile des graines constitue 7-15% de poids entier de graine et est caractérisé par un niveau important des acides gras insaturés où l'acide linoléique est l'acide gras principal (RAMADAN et MORSEL, 2003).

Il a été démontré que le pourcentage et le nombre de graines par fruit varie en fonction de plusieurs facteurs dont la variété, la physiologie et l'environnement de culture (HABIBI, 2004). A ce propos, certains cultivars d'*Opuntia ficus-indica* peuvent contenir jusqu'à plus de 200 graines par fruits. En effet, 203 graines ont été dénombrées dans un cultivar d'origine mexicain, 268 graines dans celui d'Israël et jusqu'à 273 de graines dans un cultivar d'Italie (RAYES-AGUERO et al., 2005).

Le microscope optique montre que la graine est constituée de deux parties : une enveloppe (péricarpe) et un noyau (endosperme) (Figure N°13) (HABIBI, 2004).

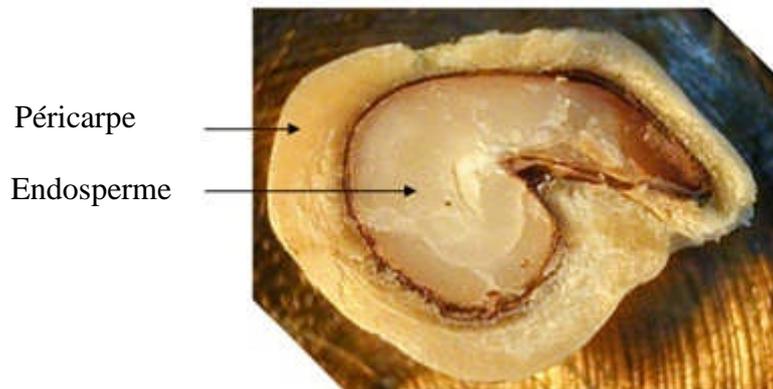


Figure N°13 : Coupe transversale de la graine de la figue de barbarie (par M. Optique) (HABIBI et al., 2002)

- L'endosperme est constitué principalement de granule d'amidon enrobé dans une paroi cellulaire parenchymateuse.
- Le péricarpe est constitué de fibres de sclérenchyme dont les microfibrilles de cellulose sont disposées en couches successives concentriques. Cette organisation concentrique a déjà été rencontrée dans un certain nombre de végétaux. Il représente jusqu'à 90% du poids total de la graine (HABIBI, 2004).

On peut distinguer deux types de cellules (Figure N°14) :

- ❖ en majorité des cellules longues très compactes en forme de fibres fusiformes appelées fibres de sclérenchymes
- ❖ des couches régulières de cellulose, présentes un arrangement hélicoïdal (HABIBI, 2004).

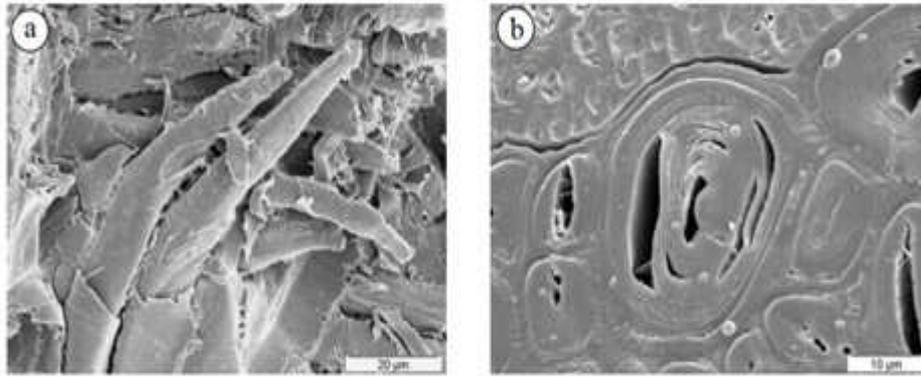


Figure N°14 : Fibres de sclérenchyme fusiformes (spindle) (a), organisées en strates hélicoïdales de cellulose (b) (MEB)

I.11. Intérêts et utilisations du figuier de barbarie

I.11.1. Intérêt nutritionnel

La principale importance nutritionnelle de la figue de barbarie est sa richesse en acide ascorbique, en fibres et en acides aminés. Cependant, les bétalaines sont rarement présents dans les fruits (**PIGA et al., 2003**). Le fruit est utilisé, à la fois, pour l'alimentation humaine et l'alimentation de bétail (**MORENO-ALVAREZ et al., 2003; SAENZ CARMEN, 2000**).

En Europe, il est fermement établi comme une culture fruitière régulière, à l'instar de Sicile qui l'exporte vers le reste de l'Europe. Par ailleurs, dans le continent Africain (Algérie, Maroc, Tunisie, etc.) et dans quelques pays tels que le Yémen et la Turquie, il est considéré comme un fruit estival récolté en surabondance par rapport à certains fruits comme les oranges ou les bananes (**YAHIA & MONDRAGON-JACOBO, 2011**).

En Mexique, le fruit est utilisé dans certaines industries agro-alimentaires comme la fabrication des boissons, des confitures et des édulcorants naturels liquides (**ABDEL-HAMEED et al., 2014**). Le cactus est traditionnellement consommés comme légume, ingérés grillés, mélangés ou en jus (**GUEVARA et al., 2001**) (**Tableau N°3**).

Tableau N°III: Produit potentiels et sous-produits de la figue de barbarie (**MORENO-ALVAREZ et al., 2003**).

Produits	Sous-produits
Fruits	Huile de graines
Jus, nectar, pulpe	Pigments
Confiture, purée, gelée	Fibres et mucilages
Sirop, édulcorant	-
Bioéthanol, vin	-
Fruits en conserve	-
Fruits congelés	-
Concentré de jus	-
Jus en poudre	-

I.11.2. Intérêt médicinal

La figue de barbarie un fruit riche en éléments chimiques fonctionnels responsables de ses effets antihypoglycémique et anti-hypolipidémique (**FERNANDEZ et al., 1992**). Elle possède également des effets protecteurs cardiovasculaires, antiulcéreux et hépato-protecteurs (**KAPADIA et al., 1996**); cela pourrait être dû à la présence de la vitamine C, de taurine et de bétalaïnes (**ABDEL-HAMEED et al., 2014; CASSANO et al., 2010; FRATI, 1992**). Sa richesse en différents flavonoïdes lui confère un effet antioxydant (**JIMENEZ-AGUILAR et al., 2015; KANNER et al., 2001; SREEKANTH et al., 2007**).

I.11.3. Intérêt écologique

Le cactus est utilisé pour lutter contre l'érosion. Il se plaît dans les sols calcaires et les climats semi-arides avec des températures de 18 à 30°C. Il résiste au feu et peut être utilisé comme obstacle contre les incendies. De toutes les Cactées, le figuier de barbarie est l'une de celles qui supportent le mieux les conditions de vie les plus dures. Ainsi, leurs plantations contribuent à l'amélioration de certains paramètres du sol et à l'enrichissement de la

biodiversité végétale des écosystèmes steppiques (SCHWEIZER, 1997 ; NEFFAR et al., 2011).

I.11.4. Intérêt économique

La culture du figuier de barbarie ne nécessite pas de sources importantes en eau, ni de traitements antiparasitaires. De plus, le cactus présente de faibles coûts énergétiques pour la culture en implantation spécialisées (BARBERA et al., 1995; PIMIENTA-BARRIOS & MUNOZ, 1995).

I.11.5. Intérêt dans la fabrication cosmétique

Le jus de raquette est destiné à la fabrication de différents produits cosmétiques comme les shampooing, les lotions, les savons et les crèmes solaires (ARABA et al., 2000; SAENZ et al., 2002).

I.11.6. Apiculture

Les fleurs du cactus constituent une source nutritive très appréciée par les abeilles, d'où la possibilité de développer l'apiculture en parallèle. L'activité des abeilles a lieu sur les fleurs de l'*O. ficus-indica* pendant trois mois (Avril-juin). Ce qui constitue une source financière importante pour le miel pour les paysans (ARABA et al., 2000).

I.11.7. Culture maraîchère

Les cultivars inermes de l'espèce *O. ficus-indica* sont utilisés pour la production des jeunes raquettes qui sont consommées en tant que légume. Ces jeunes raquettes, sont consommées cuites avec de la viande, des œufs, des légumes ou des graines. Le Mexique produit annuellement plus de 232 000 tonnes de Napolitos dont 2000 à 3000 tonnes sont conditionnés et exportés sur le marché américain. La valeur nutritive des Napolitos est proche de celles de la laitue et des épinards, ils sont riches en vitamine C et en calcium (ARABA et al., 2000).

I.11.8. Autres

La plante est parfaitement adaptée aux conditions arides de la région, surtout pour ce qui est de l'eau. Avec une pluviosité annuelle qui ne dépasse pas les 100 mm, la plante végète et fructifie normalement. La culture du figuier de barbarie nécessite moins d'investissement

que la céréaliculture ainsi son rendement à l'hectare est plus élevé que les autres cultures traditionnelles. Ajouter à cela, la récolte des fruits est une opération qui utilise la main d'œuvre pendant sept mois de l'année (Juin-Décembre) ce qui offre beaucoup de travail aux agriculteurs (**KENNY, 1997**).

Son utilisation est complète, raquettes et fruits sont utilisées comme complément de fourrage pour les bovins, les ovins et les caprins ; les fleurs constituent une source de nutrition très appréciée et sollicitée par les abeilles domestiques ce qui engendre la possibilité de développer des activités apicoles en parallèle (**KENNY, 1997**).

Enfin, l'Opuntia joue un rôle très important dans la fixation des sols, sa culture est réussie dans des localités menacées par l'érosion et où nulle autre plantation ne peut être réussie (**KENNY, 1997**).

Chapitre II

Propriétés physico-chimiques de la figue de barbarie

II.1.Composition chimique et valeurs nutritionnelle

Opuntia ficus-indica est une source importante d'éléments nutritifs. Elle est très rafraichissante (SAENZ et SEPULVEDA, 2001), sa valeur calorique est d'environ 50 cal/100 g comparable à celle des autres fruits, tels que la pomme, poire, orange, et l'abricot. La teneur en protéine, matière grasses, les fibres brutes et les cendres est similaire à d'autres fruits (SAENZ, 1996).

La composition physico-chimique de la figue de barbarie dépend de la variété, de l'état de maturation et des conditions environnementales (EL KOSSORI et al., 1998). Le tableau suivant illustre la composition physico-chimique et minérale de la pulpe de la figue de barbarie.

Tableau N°IV : Composition physico-chimique et minérale de la pulpe de la figue de barbarie (PIGA, 2004) (DIAZMEDINA et al., 2006).

Paramètres	Teneur	Paramètres	Teneur
Humidité (%)	84-90	Composés phénoliques (mg/100ml)	45,20
pH	5,3-7,1	Acide ascorbique (mg/100ml)	17,10
Acidité (mg d'acide citrique/100g)	50-180	Na (mg/Kg)	6,25
° Brix	12-17	K (mg/Kg)	1583
Protéines (mg/100g)	200-1600	Ca (mg/Kg)	263
Lipides (mg/100g)	90-700	Mg (mg/Kg)	251
Taux de cendres (%)	0,3-1	Fe (mg/Kg)	1,98
Fibres totaux (mg/100g)	20-3100	Zn (mg/Kg)	2,05

La figue de barbarie est composée de 48 % d'écorce et 52 % de pulpe, cette dernière contient 88 % de jus et 12 % de graines. La valeur nutritionnelle d'un aliment est principalement déterminée par rapport à ses réserves en hydrate de carbones et en protéines (KAANANE, 2000). *Opuntia ficus-indica* est composé principalement d'eau (85%) et d'hydrate de carbone (10-15%) (BARBERA et al., 1995).

D'autre part, plusieurs auteurs considèrent que le fruit et exclusivement, la graine comme une nouvelle source d'huile végétale de haute valeur. Sa richesse en vitamines

principalement la vitamine C, en minéraux (calcium, potassium et magnésium), en pigments bétalaines (betacyanines et betaxanthines) ainsi qu'en d'autres antioxydants naturels (Polyphénols, flavonoïdes et taurine) expliquent le nombre d'études consacrées sur ce fruit (FEUGANG *et al.*, 2006).

II.1.1. L'eau

L'eau est le composant chimique dominant dans la majorité des espaces de la matière première végétale. Généralement, elle représente 70 à 90% de la masse fraîche (BENAMARA et AGOUGOU, 2003). Dans le cas de la figue de barbarie, la teneur en eau est estimée de 84 à 90% (SAENZ, 2000).

II.1.2. Les glucides

D'un point de vue chimique, on désigne par « les sucres » la grande famille des hydrates de carbone ou, plus couramment appelée « les glucides ». les glucides sont des nutriments essentiels à notre organisme car ils représentent une source d'énergie directement utilisable par toutes les cellules (cerveau, cœur, muscle, cellules nerveuses,...). Ainsi les glucides doivent être apportés quotidiennement en suffisance de façon régulière par le biais de l'alimentation (DEMOULAIN, 2009).

Concernant la figue de barbarie, le glucose et le fructose sont majoritaires; ils sont les plus abondants dans le jus pulpeux et moins dans les épiluchures (Tableau N°5). Ceci confirme le goût sucré du jus. Autre sucre détecté mais en faible quantité, c'est le saccharose qui est le plus présent dans la partie épiluchures. Cependant, aucune trace de ces sucres n'a été observée dans les graines (NEBBACHE *et al.*, 2008).

Le contenu en glucides est résumé dans le tableau suivant :

Tableau N°V : Composition des trois compartiments de la figue de barbarie en glucides (% de matière sèches) (NEBBACHE *et al.*, 2008).

Sucre	Pulpe	épiluchures	graine
Saccharose	0.19	2.25	0
Glucose	29	14	0
fructose	24	2.29	0

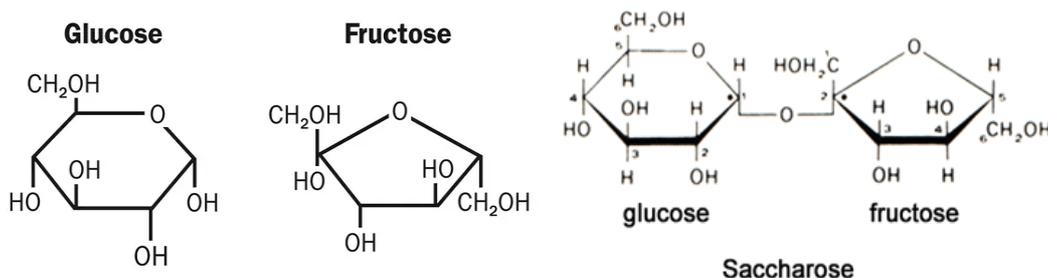


Figure N°15 : Structures chimiques des glucides.

II.1.3. Matières azotée et lipides

La composition en matières azotées et lipides des trois compartiments du fruit (épluchures, jus pulpeux, graines) de la figue de barbarie est résumé dans le **tableau N°6**.

Le jus pulpeux contient moins de protéines et moins de lipides que les épluchures et les graines, les graines constituent une meilleure source de protéines (11.8%) et particulièrement en lipides (6.77%) bénéfiques pour la santé (**EL KOSSORI et al., 1998**).

Tableau N°VI : Composition en matières azotées et lipides dans les trois compartiments de la figue de barbarie (% MS).

Paramètres	Pulpe	Épluchures	Graines
Protéines	5.13	8.30	11.80
Azote non protéique	0.025	0.024	0.012
Lipides	0.97	2.43	6.77

II.1.4. Les minéraux

Selon les différentes études, la figue de barbarie est considérée comme une bonne source de minéraux (**Tableau N°7**), en particulier le potassium, le magnésium et le calcium (**GURRIERI et al., 2000 ; PIGA, 2004 ; LEE et al., 2005**).

Tableau N°VII : Composition en minéraux de 100 g de pulpe (**PIGA, 2004**).

Les minéraux	Teneur en (mg/100g de pulpe)
Potassium, K	90-217
Magnésium, Mg	16.1-98.4
Calcium, Ca	12.8-59
Phosphore, P	15-32.8
Fer, Fe	0.4-1.5
Sodium, Na	0.6-1.1

II.1.5. Les fibres

Les fibres ont des effets bénéfiques, sur la santé, tels que la réduction de glucose dans le sang, la stabilité et la régulation du transit intestinal (FEUGANG *et al.*, 2006).

La figue de barbarie constitue une bonne source en fibres totaux et plus particulièrement les graines (52,2%) et les épluchures (40,8%). Les fibres dans les épluchures sont, exclusivement, représentées par la cellulose (71,4%) et l'hémicellulose (20,3%), alors que dans les graines, on retrouve, essentiellement, de la cellulose (83,2%). Le jus pulpeux est, par contre, caractérisé par une forte teneur en pectine (70,3%) comparé aux autres compartiments (Tableau N°8) (EL KOSSORI *et al.*, 1998).

Tableau N°VIII : Composition des trois compartiments de la figue de barbarie en fibre (% de fibre totaux, MS) (EL KOSSORI *et al.*, 1998).

Constituant	Pulpe	Epluchures	Graine
Fibres totaux	20,5	40,8	54,2
Hémicellulose	15,5	20,8	9,95
Cellulose	14,2	71,4	83,2
Pectine	70,3	7,71	6,69
Lignine	0,01	0,06	0,19

II.1.6. Les vitamines

Ce sont des substances vitales pour l'organisme, elles sont biologiquement actives, leurs teneurs qualitatives et quantitatives dans les produits alimentaires végétaux sont différentes (BENAMARA et AGOUGOU, 2003).

Des quantités importantes d'acide ascorbique sont généralement trouvées dans les fruits de différents *Opuntia ficus-indica*, montre des teneurs varient entre 18 et 30 mg/100g de pulpe (PIGA, 2004). Ainsi, la figue de barbarie est plus riche en acide ascorbique, que les autres fruits, tels que pommes, poire, raisin, et de la banane. D'autres vitamines, comme la thiamine, la riboflavine, et la niacine peuvent être trouvées à l'état de traces (PIGA, 2005).

II.1.7. Les acides organique

L'acide citrique est l'acide organique dans la figue de barbarie (61,0 mg/100g) suivi par l'acide malique (23,3 mg/100g), la quinique (19,1 mg/100g), shikimique (2,8 mg/100g)

(KAANANE, 2000). Les acides oxalique, iso citrique, fumarique, succinique et l'acide glycolique on été uniquement trouvés sous forme de traces (STINTZING *et al.*, 2001).

Les acides organiques agissent en excitant l'appareil digestif. Il renforce l'action des glandes gastrique et facilite la digestion .les résidus alimentaires adhérents au mucus se dissolvent facilement en présence d'acides (BENAMARA et AGOUGOU, 2003).

II.1.8. Composition en antioxydants

Les antioxydants sont des substances qui permettent de prévenir et neutraliser les réactions en chaînes déclenchées par les radicaux libres, et réparer les dégâts occasionnés en s'attaquant aux lipides, aux protéines et à l'ADN (GINESI *et al.*, 2002).

L'activité antioxydante des végétaux est largement attribuée à la présence des composés phénoliques, le anthocyanines, les flavonoïdes, etc (WANG, 2003).

II.1.8.1. Les composés phénoliques

L'apport de polyphénols a été inversement corrélé à l'incidence de plusieurs maladies chroniques, tels que plusieurs types de cancer et les maladies cardiovasculaires (MERTENS-TALCOT *et al.*, 2006).

Plus de 8000 structures phénoliques sont actuellement connues, allant de molécules phénoliques simples de bas poids moléculaire tels les acides phénoliques à des composés hautement polymérisés comme les tannins. Ils peuvent être conjugués avec un ou plusieurs résidu(s) sucré(s) lié(s) ou ils peuvent également être liés avec d'autres composés chimiques, tels que les acides carboxyliques, des amines ou des lipides ou avec d'autres phénols existent également (MARTIN et ANDRIANSITOHAINAN, 2002).

Les sources alimentaires des polyphénols sont nombreuses, les légumes, les céréales, les grains oléagineuses, les fruits en sont la source la plus importante, ainsi que les boissons, tel que le thé (MIDDLETON *et al.*, 2000).

La composition en polyphénols dans le fruit de la figue de barbarie a été étudiée par différents auteurs tel que (BUTERA *et al.*, 2002., KUTI, 2004., TESORIERE *et al.*, 2005).

Les dérivés de quercetin, kaempférol et isorhamnetin se font avérés les principaux flavonoïdes dans la figue de barbarie (KUTI, 2004).

Parmi les différents cultivars de figues de barbarie, le cultivar violet possède la plus forte concentration en phénols totaux d'environ 66 mg/100g de pulpe (STINTZING *et al.*, 2005).

II.1.8.2. Les caroténoïdes

Se sont des pigment naturel liposoluble de couleur jaune, orange et rouge de nombreux fruit comestible, de légume de champignon, de fleur etc. (VOUTILAINEN *et al.*, 2006).

En plus de l'activité provitamine A des caroténoïdes, il possède d'autre activité biologique, piégeage des radicaux libre, protection des LDL contre les oxydation et désactivation des espèces chimique actives comme l'oxygène (VOUTILAINEN *et al.*, 2006).

La teneur en caroténoïde totaux dans le fruit de figue de barbarie est estimé a 1.77 mg/100g de poids frais (KUTI, 2004).

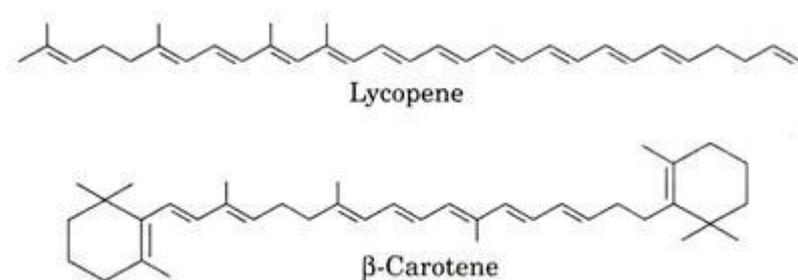


Figure N°16 : Structure chimique de quelques caroténoïdes (DURING *et* HARRISON, 2004; RAO *et* RAO, 2007).

II.1.8.3. Les bétalaines

Les bétalaines sont des pigments solubles dans l'eau contenant de l'azote, ils comprennent deux grandes classes : le jaune-orange betaxanthines et le rouge-violet betacyanines. Ce sont des conjugués d'acide betalamique avec le cycle-DOPA ou des composés azotés (acide aminés libres ou amines). L'acide betalamique résulte de l'oxydation de dihydroxyphenylalanine dérivé d'hydroxylation de la tyrosine (STRACK *et al.*, 2003 ; GROTEWOLD, 2006).

Les bétalaines s'accumulent dans les fleurs, les fruits et parfois dans des tissus végétaux des plantes appartenant à la plupart des familles de Caryophyllacées (STEGICH et STRACK, 1990). A ce jour, les bétalaines comprennent un nombre relativement modeste d'environ 55 structures (STINTZING et CARLE, 2007).

La figue de barbarie est l'une des rares sources de bétalaines dans la nature et, par conséquent, se présente comme une alternative intéressante pour remplacer les additifs de synthèse, ce qui est en plus un avantage de la production de fruits pour la consommation directe. La figue de barbarie pourrait avoir une double application, à la fois devenir une option pour l'obtention d'une coloration naturelle caractéristique et un rôle bénéfique sur la santé par l'intermédiaire de sa fonction d'antioxydant (STINTZING et CARLE, 2004; TESORIERE et al., 2005).

Dans la figue de barbarie, trois betacyanines (betanine, isobetanine, neobetanine) et cinq betaxanthines ont été détectées (indicaxanthine, miraxanthine II, vulgaxanthine I, II, IV) (Figure N°17) (STINTZING et al., 2001).

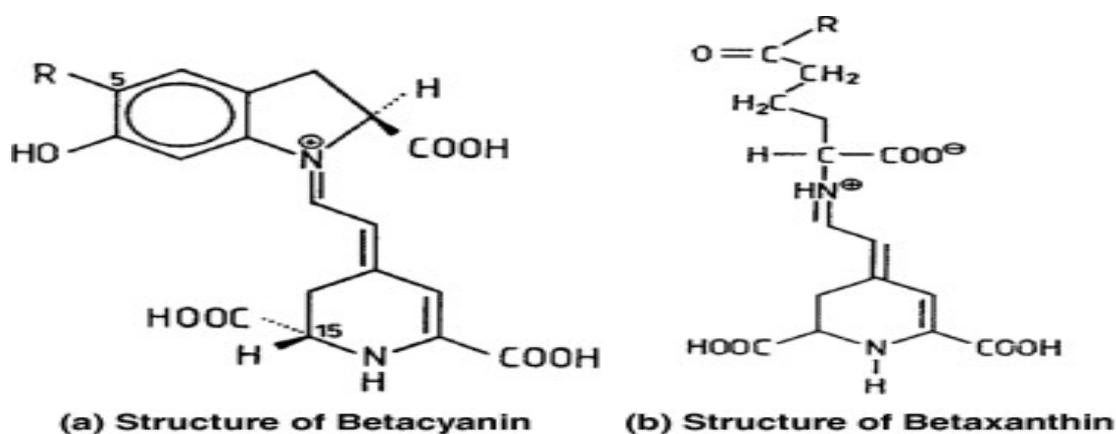


Figure N°17 : Structures chimiques de betacyanines et de betaxanthine identifiées dans la figue de barbarie (STINTZING et al., 2001).

II.1.8.4. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont la classe la plus importante dans les composés phénoliques plus de 5000 composés ont été décrits, ils sont principalement classés en flavones, flavonols, isoflavones, flavanones, et les anthocyanines (YANG et al., 2001).

Ces métabolites secondaires sont toujours tricyclique leurs squelette carboné C6-C3-C6 est caractérisé par la présence de deux cycles benzoïque A et B et d'un hétérocycle oxygéné C (Figure N°18) (PARIS et HURABELLE, 1981).

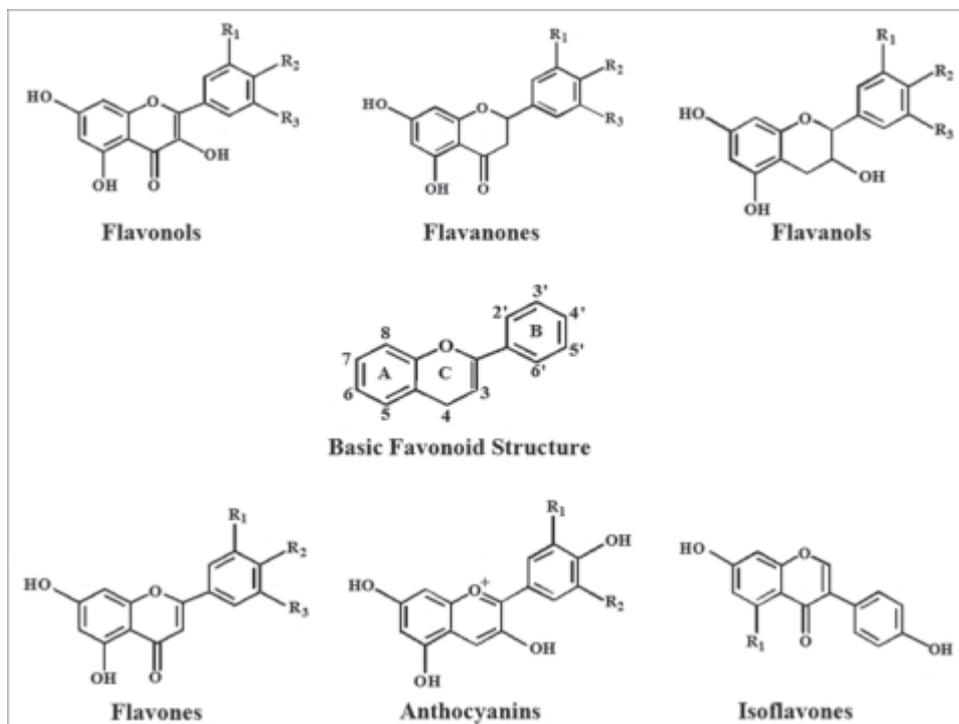


Figure N°18 : Structures chimiques des flavonoïdes (PARIS et HURABELLE, 1981).

II.2. Valorisation de la figue de barbarie

La culture de cactus connaît actuellement un regain d'intérêt dans plusieurs pays en raison de sa contribution dans la mise en valeur des terrains marginaux et des zones arides et semi-arides, son adaptation à divers climats et sols, a son rôle socio-économique : lutte contre l'érosion, production de fruit, production d'aliments pour le bétail et l'utilisation industrielle dans le domaine agro-alimentaire, cosmétique et médicale (ARABA et *al.*, 2000 ; BOUJGHAGH et CHAJIA, 2001).

L'importance économique de la culture réside dans ces fruits dont la valeur nutritive est comparable à celle des fruits juteux type poire, pomme, abricot et orange. Ils sont considérés comme une bonne source de vitamine C avec un apport énergétique important (ARABA et *al.*, 2000).

Les épiluchures de la figue de barbarie sont utilisées dans la fabrication des produits cosmétiques, de shampooings, assouplissants de cheveux, de crème et de laits hydratants pour

le visage. En Israël, les graines, grâce à leurs fortes concentrations d'acide gras, sont utilisées pour fabriquer des crèmes pour la peau (**ARABA et al., 2000**).

D'autre part, au Mexique et dans beaucoup de pays, plusieurs sous produits peuvent être extraits à partir des fruits, tels que les jus, les concentrés, les confitures, du miel « miel de tuna » et une boisson alcoolique nommée « colonche » produite au Mexique. Dans les déserts du Negev en Israël, les fruits sont utilisés aussi pour produire des glaces (**ARABA et al., 2000**).

Au Chili, les figues de barbarie sont utilisées pour l'extraction d'un sirop dont les caractéristiques nutritionnelles sont similaires à celles du raisin et du maïs (**ARABA et al., 2000**). Leur jus peut, aussi, être trouvé dans les savons et les protecteurs contre le soleil (**SAENZ et al., 2002**).

Selon des études cliniques récentes, la figue de barbarie élimine l'excès d'ammoniaque accumulé dans certains organes, combat avec succès les radicaux libres, neutralise les toxines qui affaiblissent le système immunitaire suite à une surconsommation d'alcool ou du tabac. Par son action, tout à fait remarquable, sur le système nerveux, la figue de barbarie apporte calme et sérénité à l'organisme stressé (**SCHWEIZER, 1999**).

D'autre part, un effet anti-hyperlipidémie a été révélé. (**WOLFRAM et al., 2002**) ont signalé une diminution du cholestérol total, LDL, les niveaux d'apolipoprotéine, les triglycérides, le fibrinogène, la glycémie, l'insuline et l'urate. Cet effet a été attribué à la pectine, qui réduit l'absorption des lipides et augmente l'excrétion fécale des stérols.

D'autres effets ont été, aussi, attribués à cette espèce, il s'agit des effets antidiarrhéique en purgeant et régularisant le transit intestinal, antispasmodique par rééquilibrage du système nerveux et galactogène et fortifiant en favorisant et activant la production de lait chez les femmes allaitant leur enfant (**SCHWEIZER, 1999**).

II.3. Conservation et qualité

Les techniques traditionnelles de conservation des fruits, consistent à laisser le fruit sur la plante ou il peut rester en bon état pendant plusieurs mois (**KADIK, 1974**).

Les fruits coupés avec une partie de cladode se conservent plus longtemps que le fruit seul (**BARBERA, 1995**). Les fruits récoltés sont en général conservés à une température de 5 à 8 °C et 90-95% d'humidité pendant 3 à 4 semaines.

Bien qu'une température proche de 0°C, permette une plus longue conservation, elle est peu utilisée car les fruits perdent leur goût et leur arôme. (**RODRIGUEZ-FELIX et al., 1997**) rapporte qu'à la température de 9 – 10 °C, et sous atmosphère modifiée enrichie en CO₂ la conservation des fruits est meilleure. En effet, la couleur des fruits est mieux préservée et le brunissement des parties coupées est atténuée (**CANTWELL, 1991**), d'autre part, les maladies physiologiques, due au froid sont moins fréquentes, la préservation de la couleur et le ralentissement du brunissement sont également observés après un traitement avec le bisulfite de sodium, l'acide citrique et l'acide ascorbique, un blanchiment préalable au traitement par les bisulfites et l'acides citrique réduit la charge microbienne notamment sous atmosphères modifiées (**GUEVARA et al., 2003**) la congélation des fruits est parfois utilisée dans le but d'une utilisation ultérieure (préparation de confiture, sirop,...).

Alors que dans le cas des cladodes, l'utilisation de la température 5°C pendant 30 jours sous atmosphère modifiée à la pression partielle supérieure respectivement à 8.6 kPa pour l'oxygène (O₂) et 6.9 kPa pour le gaz carbonique (CO₂) réduit sensiblement la perte de poids et qualité (**GUEVARA et al., 2003**).

Il est primordial la déshydratation des cladodes car elle est accompagnée par un changement de couleur donc leur dépréciation (**CANTWELL, 1991**).

Le séchage est la technique de conservation la plus ancienne. Elle est appliquée pour la préparation de jus en poudre, pulpe séchée et pour la production de la poudre de cladode qui suscite de plus en plus l'intérêt des consommateurs.

Chapitre III

Généralités sur L'orange



III.1. L'orange

III.1.1. Définition

L'orange est un agrume qui peut aussi être appelé hesperidium. L'hesperidium diffère des fruits comme la tomate ou le raisin car il possède une peau dure et solide qui protège la partie comestible du fruit (**BERLINET, 2006**).

III.1.2. Structure

La structure d'une orange est présentée dans la (**Figure N°19**). Les parties caractéristiques communes aux agrumes sont les suivantes :

- Une couche extérieure colorée, le flavedo, rappelant le mot « flaveur » car elle contient les glandes à huiles essentielle ;
- Une couche intérieure blanche et spongieuse, l'albedo (ou mésocarpe), riche en pectines ;
- Une partie comestible, l'endocarpe ou épiderme interne. Dans le cas des oranges, les cellules très juteuses formant des sacs à jus ou encore vésicules à jus sont des poils produits par l'endocarpe. Les segments (ou quartiers) qui comprennent de nombreuses vésicules séparées par des parois carpellaires ou membranes constituées de cellulose, pectine et hémicelluloses. Les segments sont attachés à la partie centrale du fruit appelée columelle (**BERLINET, 2006**).

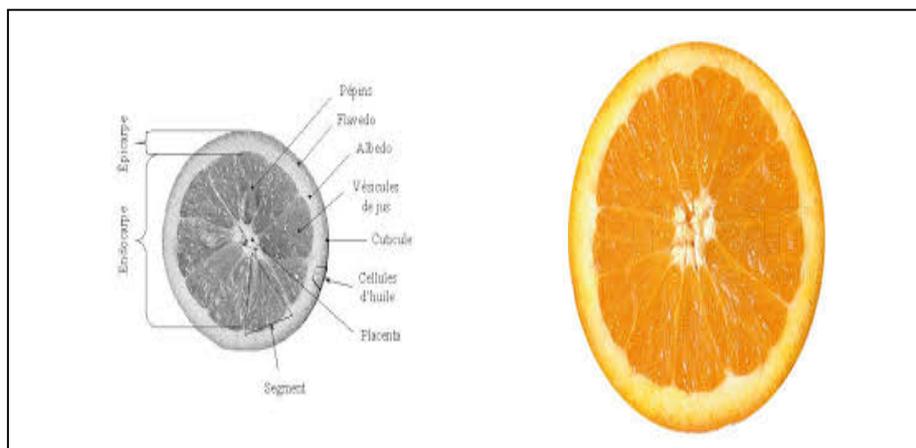


Figure N°19 : Coupe longitudinale et schéma descriptif de Citrus (**DOMINGUEZ, 2002**).

III.1.2. Les espèces et les principales variétés

L'orange appartient au genre *Citrus* de la famille des *Rutaceas*. Le genre *Citrus* contient deux espèces d'orange : *Citrus sinensis*, (L.) Osbeck correspond aux oranges douces, *Citrus aurantium* L; correspond aux oranges amères. Ces dernières sont également appelées bigarade, elles sont peu comestibles et leur utilisation est principalement réservée à la production de marmelades ou d'huiles essentielles (KIMBALL, 1999).

Les oranges douces *Citrus sinensis* (L.) Osbeck sont les plus consommées. Elles sont utilisées comme « en fruits » et certaines variétés servent à l'élaboration des jus (BERLINET, 2006). Les principales catégories de l'orange douce (navels, blondes, sanguines et douceâtres) sont présentées dans le (Tableau N°9).

Tableau N°IX : Les principales catégories de l'orange douce.

Oranges <i>Citrus Sinensis</i> (L.) Osbeck			
Catégorie	Variété	Lieu de production	Utilisation principale
Navels	Bahianinha	Brésil	Fruits de bouche
	Navelate	Espagne, Maroc, Afrique du Sud	
	Naveline	Espagne, Portugal, Maroc	
	Washington ou Bahia	Brésil, Californie, Floride, Mexique, Région Méditerranéenne	
Blondes	Valencia	Espagne, Argentine, Australie, Californie, Floride, Maroc, Afrique du Sud, Uruguay, Brésil, Israël	Jus
	Pera	Brésil	Jus
	Pineapple	Floride, Argentine, Brésil, Mexique, Inde	Jus
	Hamlin	Brésil, Floride, Maroc, Turquie, Chine	Jus et Fruits de bouche
	Shamouti	Israël, Turquie, Afrique du Sud, Egypte, Chine, Inde	Fruits de bouche
Sanguines	Maltaise	Tunisie, Maroc	Fruits de bouche
	Moro	Italie, Sicile	Jus
	Sanguinelli	Espagne	Fruits de bouche
Douceâtres	Succari	Egypte	Fruits de bouche
	Lima	Brésil	

III.2. L'orange sanguine

III.2.1. Définition

L'orange est une baie qui se compose de plusieurs carpelles, ou sections, faciles à séparer, chacune contenant plusieurs graines et de nombreuses cellules juteuses. La peau, ou exocarpe, est coriace et comporte de nombreuses glandes productrices d'huiles. Ce fruit est produit par l'oranger, arbre de famille des Rutacée. Les orangers dépassent rarement 9 m de haut. Les feuilles sont persistantes, ovales et luisantes et les fleurs blanches et parfumées. *Moro* et *Sanguinilli* sont des variétés d'orange sanguine provenant des îles de Malte et de Sicile et ont été cultivées, pendant beaucoup de siècles, dans les régions méditerranéennes (KELEBEK et al., 2008). Leur pulpe est rouge ou rouge violacé, couleur due à l'abondance des pigments colorés tel que les anthocyanes (CASSANO, 2007).

III.2.2. Classification

Les oranges douces, originaires du sud-est asiatique, ont été introduites en Méditerranée par les marchands génois au XV^e siècle. Elles ont aujourd'hui une grande importance commerciale et cultivées dans les régions chaudes. Elles appartiennent au règne des *Plantae*, famille des *Rutacée*, genre *Citus* et espèce : *Citrus sinensis* (ANONYME₁).

III.2.3. Composition chimique et valeurs nutritionnelle

L'orange sanguine est un fruit qui contient la plupart des nutriments. Cette baie succulente se compose essentiellement de l'eau à la moyenne de 85,7%. Sa valeur énergétique réside dans sa teneur en glucides qui est de 140,25 KJ/100g de la partie comestible. Contrairement à sa faible teneur en protéines et en lipides, l'orange sanguine possède des teneurs modérées en acide organiques et fibres totales qui sont, respectivement 1,13 et 1,6%. Outre ces constituants, l'orange sanguine est très riche en vitamine C, et comporte des teneurs plus au moins importantes en éléments minéraux tels que : calcium, phosphore, magnésium... Le **tableau N°10** présente la composition de l'orange sanguine.

Tableau N°X : Composition chimique de l'orange sanguine (SOUCI *et al.*, 1994).

Constituants	Valeurs énergétiques (par 100g de la partie comestible)	
	KJ	K Calories
Protéines	17	4
Lipides	7,4	1,8
Sucres	140,25	33
Acides organiques	14,69	3,39
Constituants	Moyennes (g)	
Eau	85,7	
Protéines	1	
Lipides	0,2	
Sucres disponibles	8,25	
Fibres totales	1,6	
Acides organiques disponibles	1,13	
Vitamine C	49,35	
Sodium	$1,4 \times 10^{-3}$	
Potassium	$1,77 \times 10^{-3}$	
Phosphore	23×10^{-3}	
Chloride	4×10^{-3}	
Calcium	42×10^{-3}	
Magnésium	14×10^{-3}	

III.2.4. Intérêts de l'orange sanguine

Le jus d'orange constitue une source diététique importante de composés bioactifs. Il contient des caroténoïdes: provitamine A (β -carotène, α -cryptoxanthine), aussi bien que d'autres caroténoïdes antioxydants (zéaxanthine et lutéine). Ces caroténoïdes ont été impliqués dans la réduction des maladies dégénératives (cardiovasculaires et cérébrovasculaire) (SANCHEZ-MORENO *et al.*, 2003).

Il est également caractérisé par une teneur élevée d'acide ascorbique (vitamine C); antioxydant naturel pouvant empêcher le développement des conditions d'oxydation chez l'Homme (SANCHEZ-MORENO *et al.*, 2003).

(TITTA *et al.*, 2009) ont remarqué dans leur étude sur les souris que l'orange sanguine, caractérisée par une teneur élevée en anthocyanes en particulier la cyanidine -3- glucose, est rapportée pour diminuer le risque d'obésité et pour améliorer la résistance d'insuline une fois supplémenté à un régime à haute teneur en lipides. Ils ont constaté également que la fourniture d'un jus d'orange ou un extrait d'orange de la variété *Moro* enrichi en anthocyanes aux

souris empêche le gain de poids corporel et empêche l'obésité induite par des teneurs élevées en lipides sans diminuer la prise totale d'énergie. Par conséquent, le jus de *Moro* semble viser directement la capacité des adipocytes d'accumuler la graisse.

Le magnésium est un minéral bien connu pour ses vertus relaxantes. Antistress naturel, il favorise la bonne transmission de l'influx nerveux et la décontraction musculaire. Il permet également de réguler le transit intestinal. Une étude qui a testé l'effet du magnésium, trouve un risque de cancer diminué (**KATO *et al.*, 1997**). Ceux qui boivent de l'eau riche en calcium et magnésium ont moins de cancer colorectal et du colon (**MESSAID, 2008**).

Le calcium abondant dans les aliments, il est indispensable à la formation des os et des dents ; plusieurs études montrent que les femmes consommant les produits riches en calcium ont moins de cancers de seins que les autres (**MESSAID, 2008**).

L'acide citrique, constitue le principal acide organique des jus de fruits, il peut se substituer avant la digestion à l'acide chlorhydrique gastrique surtout si ce dernier n'est pas sécrété en quantité suffisante (**MESSAID, 2008**).

Partie expérimentale



Chapitre I

Matériels et méthodes



I. Matériels et méthodes

L'étude consiste :

- ✓ Analyse physicochimique et le test antioxydant de la pulpe de la figue de barbarie (*Opuntia ficus indica*).
- ✓ Comparer les analyses obtenues à l'orange sanguine (référence) sur la quelle on a effectués les mêmes analyses.

I.1. Matériels végétales

Notre étude sur les caractères physicochimique de la pulpe a été réalisé sur des fruits de figue de barbarie (*Opuntia ficus indica*) récoltés a Oued Kessari, wilaya de Tizi ousou dans la période fin aout 2016, les fruits sont de couleurs jaune orangé mesurant en moyenne 6 cm de longueur et 4 cm de diamètre et un poids de 64 g du fruit entier. Nous avons utilisé comme référence l'orange sanguine sur la quelle on a effectué les même analyses.

Le tableau suivant récapitule les différentes caractéristiques de la variété de la figue de barbarie étudiée.

Tableau N°XI : Caractéristiques de la variété de la figue de barbarie étudiée.

Caractéristiques	Epines	Forme	Couleur	Longueur (cm)	Diamètre (cm)	Poids (g)
Variétés étudiés	Avec épines	ovoïde	Jaune orangé	6-9	4	64

I.2. Préparation de la matière première

Les différentes étapes de la préparation de la matière première sont données dans la figure N°20 :

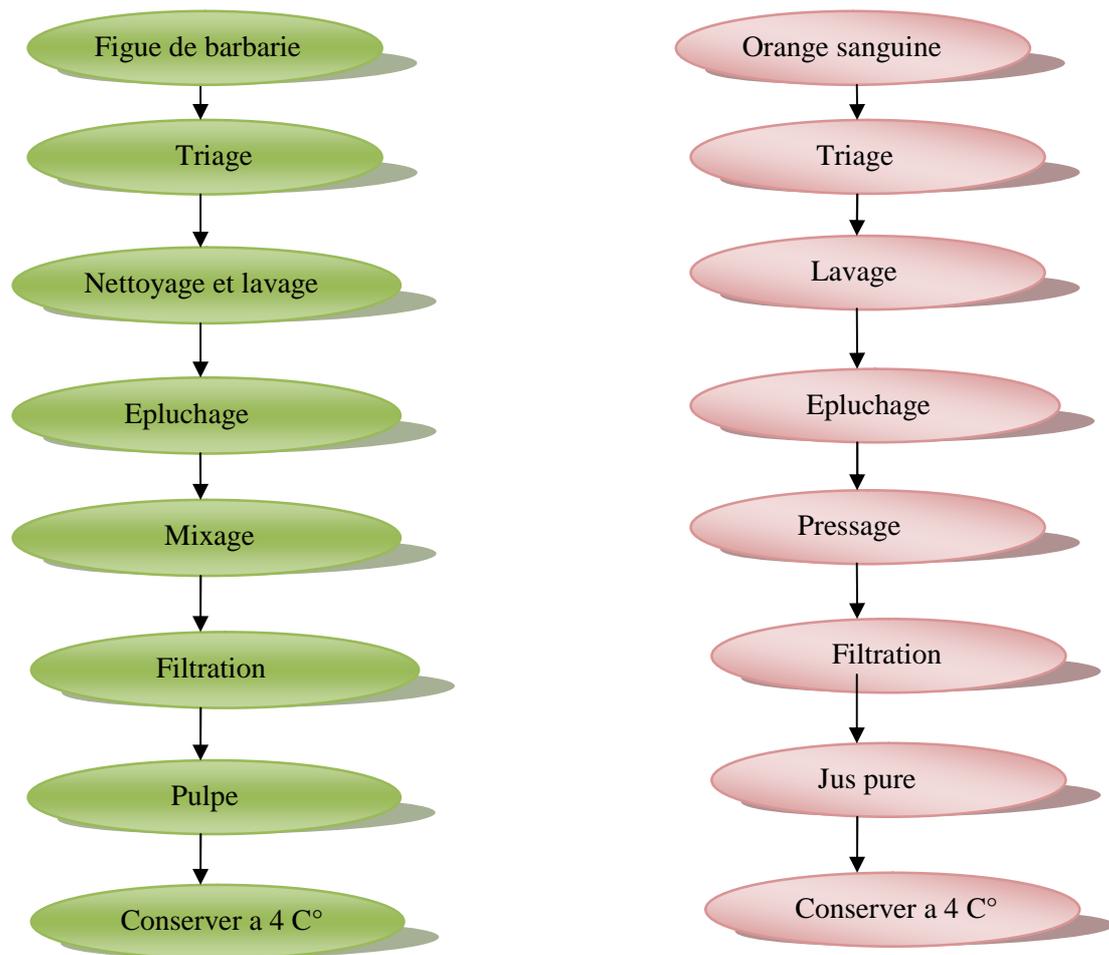


Figure N°20 : Diagramme de la préparation de la pulpe de la figue de barbarie et de jus de l'orange sanguine.

I.3. Détermination des paramètres physico-chimiques

I.3.1. Mesure du pH (AFNOR, 1998)

➤ Principe

Détermination en unité de pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongés dans le produit objet de mesure (la pulpe de la figue de barbarie et le jus de l'orange sanguine).

➤ **Mode opératoire**

- ✓ **Echantillon** : prélever un volume de l'échantillon suffisamment important pour permettre l'immersion des électrodes du pH-mètre.
- ✓ **Etalonnage** : l'étalonnage du pH-mètre a température de mesure en utilisant deux solutions tampon de pH exactement connu (pH=7, pH=4).
- ✓ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée avant chaque mesure puis le sécher avec du papier absorbant.

I.3.2. Mesure du degré Brix : (AFNOR, 1986)

Le degré Brix ou l'extrait sec soluble traduit le taux de matière sèche soluble contenue dans une solution mesurée avec un réfractomètre.

➤ **Principe**

- Consiste à mesurer l'indice de réfraction de l'échantillon préparé à une température égale à 20°C puis effectuer une conversion de cet indice en résidu sec soluble.
- Résidu sec soluble égale la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé dans des conditions déterminées de préparation et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage en masse.

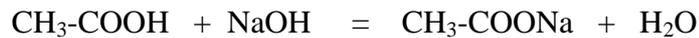
➤ **Mode opératoire**

- ✓ Nettoyer et sécher le prisme en utilisant l'eau distillée et du tissu doux.
- ✓ Appliquer une goutte de l'échantillon, préalablement homogénéisé sur une surface du prisme.
- ✓ Rabattre le deuxième prisme sur le premier ce qui permet d'obtenir une couche uniforme du liquide.
- ✓ Orienter le réfractomètre vers une source de lumière : deux zones apparaissent (claire et sombre), la limite entre deux zones indique la grandeur de la réfraction.
- ✓ La valeur Brix est la valeur lue par le réfractomètre qui nous donne le pourcentage des sucres dans le produit.

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

I.3.3.L'acidité titrable : (AFNOR, 1986)**➤ Principe :**

Un titrage avec une solution de NaOH en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

**➤ Mode opératoire**

- ✓ Prélever 10 ml de la pulpe dans un bécher.
- ✓ On chauffe jusqu'à ébullition.
- ✓ Compléter jusqu'à 50 ml avec de l'eau distillée.
- ✓ Ajouter 2 gouttes de phénolphthaléine.
- ✓ Verser à l'aide d'une burette la solution NaOH (0,1N) jusqu'à obtention d'une coloration rose persistant pendant 30 secondes.
- ✓ Faire la lecture sur la burette graduée pour avoir le volume de NaOH ayant décoloré la solution.

$$\text{Acidité titrable (g/l)} = V \times 0.64$$

V : volume de solution de NaOH à 0,1 N.

I.3.4. Pulposité: (BARKATOVE et ELISSEV, 1979)**➤ Mode opératoire :**

La teneur en pulpe est déterminé :

- ✓ Mettre 20g de produit (orange sanguine et pulpe du figuier) dans des tubes préalablement pesé (P1).
- ✓ On met le tout dans une centrifugeuse à 2500 tours par minute pendant 5 min.
- ✓ Après la centrifugation, on sépare le surnageant de la pulpe.

- ✓ On effectue une 2^{ème} pesée (pulpe + tube) (P2).
- ✓ On détermine la teneur en pulpe selon la formule suivante :

$$\text{Pulposité}(\%) = \frac{P_2 - P_1}{\text{masse de l'échantillon (gr)}} \times 100$$

P₁ : poids de tube vide.

P₂ : poids de tube plus la pulpe.

I.3.5. Détermination de taux de cendres : (AFNOR, 1986) :

➤ **Mode opératoire :**

- ✓ L'échantillon de masse $m_0 = 5\text{g}$ (on a utilisé $m_0 = 15\text{g}$).
- ✓ Déposer sur des capsules (Creusé) de masse (m_1) préalablement chauffées au four et refroidies pour éliminer toute trace de matière organique.
- ✓ L'ensemble est déposé à l'aide d'une pince métallique dans un four chauffé à 550°C pendant 5 heures.
- ✓ Placer les capsules dans un dessiccateur.
- ✓ Peser après refroidissement m_2 .

$$\text{Cr \%} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

Cr : Taux de cendre en %.

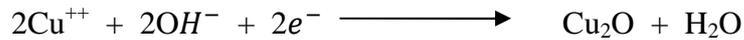
m₀ : masse de capsule vide en (g).

m₁ : masse de capsule vide plus l'échantillon avant le séchage en (g).

m₂ : masse de capsule vide plus l'échantillon après séchage.

I.3.6. Dosage des sucres : (AFNOR, 1986)**➤ Principe :**

- La méthode est basée sur la capacité des sucres réducteurs à réduire l'hydroxyde Cuivrique en oxyde cuivreux selon la réaction suivante :



- On titre à chaud un volume donné de réactif de Fehling à l'aide de solution de sucre en présence du bleu de méthylène comme indicateur coloré.
- On met en évidence 3 catégories de sucres : sucres totaux, sucres réducteurs et le saccharose.
- Avant les dosages on a préparé la solution Fehling A et la solution Fehling B et deux filtrats (1) et (2) dont la composition est détaillée en (**Annexe 1**).

➤ Mode opératoire :**1/ Sucres réducteurs (SR) :**

- ✓ Introduire 5ml de Fehling A et 5ml de Fehling B dans un Becher de 500ml.
- ✓ Ajuster à 100ml avec l'eau de robinet et mettre à ébullition.
- ✓ Verser 2 gouttes de Bleu de méthylène dans la solution diluée de liqueur en ébullition.
- ✓ Titrer ce mélange par le filtrat (1) jusqu'à ce que la coloration bleu soit remplacé par une coloration rouge brique.

➤ Expression des résultats :

La teneur en sucre réducteur (SR), exprimé en (g/l) est donnée par la formule suivante :

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

Soit : **V** : volume de l'échantillon analysé.

V_1 : volume de filtrat consommé.

2/Sucres totaux (ST) :

Dans ce dosage, l'échantillon est préalablement hydrolysé par une solution de HCl concentré. On titre la solution de Fehling de la même façon que précédemment par le filtrat (2) jusqu'à l'apparition d'une couleur marron cuivrée.

Lire le volume (V_2) de filtrat (2) utilisé dans la titration.

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

ST : quantité des sucres totaux (g/l).

V_2 : volume du filtrat (2) utilisé à la titration.

V : volume de la prise d'essai.

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

$$S = (St - Sr) \times 0,95$$

S : quantité du saccharose.

Sr : sucres réducteurs.

St : sucres totaux.

I.3.7. Teneur en eau (Humidité) : (AOAC, 1984)

➤ Principe :

La teneur en eau est déterminée par une dessiccation de 1g d'échantillon étalé dans une capsule en porcelaine puis séchée dans une étuve à une température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ à la pression atmosphérique.

➤ **Mode opératoire :**

La détermination de la teneur en eau se fait de la manière suivante :

- ✓ Sécher les capsules vides à l'étuve durant 15 minutes à $103 \pm 2^\circ\text{C}$.
- ✓ Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur.
- ✓ Peser dans chaque capsule 1g d'échantillon à une précision de 0,001g, et les placer dans l'étuve réglée à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 3 heures.
- ✓ Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur, et après refroidissement, les peser. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 minutes) pour éviter la caramélisation.

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

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

Soit : **H%** : Humidité.

M₁ : masse de la capsule + matière fraîche avant l'étuvage.

M₂ : masse de l'ensemble après séchage en gramme (g).

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

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

I.3.8. Dosage de la vitamine C :

➤ **Principe :**

Lors de ce dosage le dichloro-phénol-indophénol subit une réduction par la vitamine C. Le dichloro-phénol-indophénol se colore en bleu en milieu acide et basique.

Acide L ascorbique + 2,6 DCPIP \longrightarrow Acide L DEHYDRO Ascorbique + dérivé colore

➤ **Matériels et réactifs :**

- ✓ Solution indicateur coloré 2,6 dichloro-phénol-indophénol (DCPIP) à 0,5 g/litre (préparer 0,1g pour 200ml).
- ✓ Solution étalon de vitamine C à 0,5g/litre (on a préparé 0,1g/200ml).
- ✓ Acide acétique 1N.
- ✓ Jus d'orange et pulpe de la figue de Barbarie.
- ✓ Becher de 100ml.
- ✓ Burette graduée de 50ml ou 100ml.

➤ **Mode opératoire :**

A/ Dosage de la vitamine C de la solution étalon :

- ✓ Prendre 5ml de solution d'acide ascorbique étalon dans un Bécher de 100ml.
- ✓ Ajouté 1ml d'acide acétique très concentré et agiter le mélange est de coloration bleu.
- ✓ On titrer par une solution de DCPIP placé dans une burette jusqu'à virage au rose persistant (V_1 : volume de DCPIP utilisé).

B/ Dosage de la vitamine C dans la pulpe de la figue de barbarie et le jus de l'orange sanguine :

- ✓ Prendre 5ml de pulpe du figuier ou jus d'orange sanguine filtrer sur une gaze et les verser chacun dans un Bécher de 100ml.
- ✓ Ajoute 1 ml d'acide acétique pur.
- ✓ Agiter.
- ✓ Titrer le mélange de couleur bleu jusqu'à virage vers le rose (soit V_2 en ml et V_3 en ml) la chute de burette respective pour le jus naturel de l'orange sanguine et de la pulpe de la figue de barbarie.

- Formule :

$$\begin{array}{rcl}
 0,5\text{g/l} & \longrightarrow & V_{\text{Ethalon}} \\
 X & \longrightarrow & V_1
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} 0,5\text{g/l} & \longrightarrow & V_{\text{Ethalon}} \\ X & \longrightarrow & V_1 \end{array}} \right\} \text{Par la règle de trois}$$

I.3.9. Indice de formol : (AFNOR, 1986)

L'indice de formol est calculé pour déterminer la quantité d'acides aminés libres présents dans le jus de fruit.

➤ Principe :

- ✓ La molécule d'acide aminée libère un ion H^+ en présence de formaldéhyde.
- ✓ Le titrage s'effectue potentiométriquement à l'aide de solution d'hydroxyde de sodium.
- ✓ Le groupe amine secondaire de l'histidine ne réagit pas, par contre ceux de la proline et de l'hydroxyproline réagissent environ 75%.
- ✓ L'azote tertiaire et le groupe guanidine ne donne pas de réaction.

➤ Mode opératoire :

- ✓ Une prise d'essai de 25 ml de l'échantillon (pulpe) est versée dans une fiole de 100 ml.
- ✓ Addition de 10 ml de formaldéhyde.
- ✓ Titrage potentiométrique des ions H^+ libérés à l'aide d'une solution NaOH (0,25 N) jusqu'à pH=8,1.

$$IF = V \times \frac{100}{V_0} \times 2,5$$

V_0 : volume en millilitre de la prise d'essai.

V : volume en (ml) de la solution NaOH (0,25 N) nécessaire à la neutralisation.

I.3.10. Dosage des caroténoïdes (LEE, 2001)**➤ Mode opératoire**

- ✓ 2 g de fruit est homogénéisé avec 20ml du solvant d'extraction hexane – acétone – éthanol (v/v : 2 :1 :1).

- ✓ Centrifuger pendant 5 minutes a 6500 tours / minutes a 5C°.
- ✓ La couche supérieur est récupérée puis transférée dans une fiole de 10 ml et ajusté a 10 ml avec de l'hexane.
- ✓ La teneur de caroténoïdes totaux est déterminée par la mesure de l'absorbance d'extrait hexanique à 450nm.
- ✓ Les résultats sont exprimes en mg de β -carotène équivalant par g de fruit.

I.3.11. Dosage des composés phénolique

➤ **Mode opératoire**

- ✓ 0.2 ml de jus dilue à 1/25 auquel on ajoute 1 ml de Folin ciocalteu (dilué $\times 10$).
- ✓ Apres 10 minutes on ajoute 0.8 ml de solution de Carbonate de sodium 7.5%.
- ✓ Incubation 30 minutes a l'air ambiant.
- ✓ Lire la densité optique à 743 nm.
- ✓ La concentration en composes phénoliques est déterminée en se référant a la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique et est exprimée en mg d'acide gallique par 100 ml de fruit. (**Annexe 2**).

I.3.12. Dosage des Bétalaines total : (FERNANDEZ et ALMELA, 2001)

➤ **Mode opératoire :**

1. Extraction :

- ✓ Les pigments totaux contenus dans la pulpe brute ont été extraits par le mélange Méthanol- eau (v/v) selon a méthode de (FERNANDES ET ALMELA ,2001).
- ✓ Un poids déterminé (5 g de pulpe) de chaque échantillon a été additionné à 10 ml de méthanol 80% (V/V).
- ✓ Le mélange est ensuite agité pendant 30 minutes.
- ✓ Puis centrifuger a 4000 tours / minutes pendant 20 minutes.
- ✓ La phase supérieure qui constitue la fraction « betalaine » est récupérée pour le dosage.

2. Dosage :

- ✓ Les quantités en pigments extraits de la pulpe de fruit ont été évaluées par spectrophotomètre selon la loi de BEER LAMBERT, à 485 nm et à 535 nm respectivement pour les betacyanines et betaxanthines.

3. Formule :

La teneur en betalaines est calculée comme il a été décrit par STINTZING *et al.*, (2003) :

$$\text{CB (mg/100g)} = \text{DO} \times \text{MM} \times 1000 / \Sigma$$

CB : Concentration en bêtalaine.

DO : Densité optique.

MM: la masse moléculaire de pigment à mesurer (550 g/mol pour les betacyanine, et 308 g/mol pour les betaxanthines).

Σ : Coefficient d'extinction moléculaire (60000 pour les betacyanine et 4800 pour les betaxanthines).

I.3.13. Test antioxydant ou pouvoir réducteur**➤ Mode opératoire**

- ✓ Prendre 1 ml de jus auquel on ajoute 2.5 ml de solution phosphate tampon (0.2M, pH=6.6).
- ✓ Ajouter 2.5 ml de Ferricyanure de potassium 1%.
- ✓ Incuber à 50 C° pendant 20 minutes.
- ✓ Ajouter 2.5 ml d'acide Trichloracétique 10%.
- ✓ Mettre dans une centrifugeuse à 3000 tours / minute pendant 10 min.
- ✓ Prendre 2.5 ml du surnageant récupéré auquel on ajoute 2.5 ml d'eau distillé et 0.5 ml de solution de chlorure ferrique 0.1%.
- ✓ Attendre 10 minutes.
- ✓ Faire la lecture de la densité optique à 700 nm au spectrophotomètre.
- ✓ Préparer deux blancs (Solution de Vitamine C, Acide gallique).

Chapitre II

Résultats et discussion



II. Résultats et discussion

II.1. Caractérisation physico-chimique

Cette recherche a pour but d'identifier les propriétés physico-chimique de la pulpe de la figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) ainsi que le pouvoir antioxydant ou réducteur. Comparé a la pulpe de l'orange sanguine sur la quelle on a effectuée les mêmes analyses.

II.1.1. Le pH :

Mesure du pH pour la pulpe de la figue de barbarie et l'orange sanguine avec un pH-mètre à 18 °C, les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableaux N°XII : Valeurs du pH de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons Valeurs	E1	E2	E3	M ± E
Pulpe de la Figue de barbarie	5,96	5,95	5,96	5,95±0,004
Jus de l'orange sanguine	4,37	4,36	4,36	4,36±0,004

La valeur moyenne du pH pour la pulpe analysée d'*Opuntia ficus-indica* est de 5.95, cette valeur est proche de celle déjà décrite dans l'article publié sur l'étude physico-chimique de deux variétés de figuier de barbarie **Achefri** et **Amouslem** du sud marocain qui sont de l'ordre de 5,92 et 5,80 de la région d'Asgherkiss et sont respectivement proche du pH des populations Achefri et Amouslem qui sont de l'ordre de 6,02 et 6,14 de la région d'Arbaâ Sahel (BOUZOUBAA et al., 2014).

En effet, les valeurs du pH moyen obtenu est en accord avec les résultats des travaux réalisés dans se cadre (BOUZOUBAA et al., 2014). Ces résultats en apporté que la pulpe de la figue de barbarie présente un pH proche de la neutralité et relativement élevé comparé au pH de la pulpe de l'orange sanguine obtenu qui est de 4,36.

Ce pH mesuré s'accorde avec les résultats décrits dans la littérature (MAATAOUI et al., 2002) qui est de 5,9 pour la pulpe de la figue de barbarie de couleur jaune orangé, cette valeur proche de la neutralité expose d'avantage aux altérations microbiologiques (MONTANA CAMARA et al., 1994).

Selon le test t de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, la différence entre les moyennes est significative. (Annexe 3).

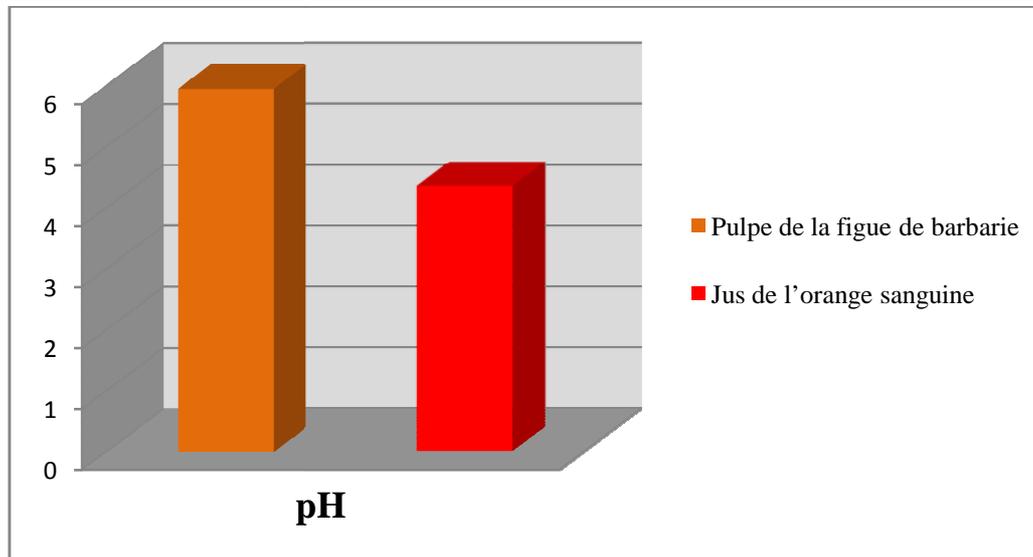


Figure N°21 : Comparaison du pH de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.2. Degré brix ou l'extrait sec soluble

Les valeurs obtenues pour l'extrait sec soluble sont notées dans le tableau ci-dessus :

Tableau N°XIII : L'extrait sec soluble de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons	E1	E2	E3	M±E
Pulpe de la Figue de barbarie	14°Brix	14°Brix	14°Brix	14±0
Jus de l'orange sanguine	8,5°Brix	8,5°Brix	8,5°Brix	8,5±0

La moyenne de l'extrait sec soluble mesuré de la pulpe de la figue de barbarie est 14°Brix, cette valeur obtenue est identique à celle de (MECELLEM, 2015) qui est 14°Brix sur la variété de figue de barbarie de la région de Bejaia, et entre dans l'intervalle de 13,15-15,87°Brix qui sont indiquées par (EL-SAMAHY et al., 2006) pour le cactus d'Egypte. Aussi proche de celle trouvée par (CHOUGUI et al., 2013). Cette valeur de l'extrait sec

soluble de la figue de barbarie est largement supérieure comparant au degré brix de la pulpe de l'orange sanguine qui est 8,5° Brix.

D'après les résultats trouvés, la figue de barbarie est plus riche en matière sèche soluble, par conséquent se fruit est une source d'énergie.

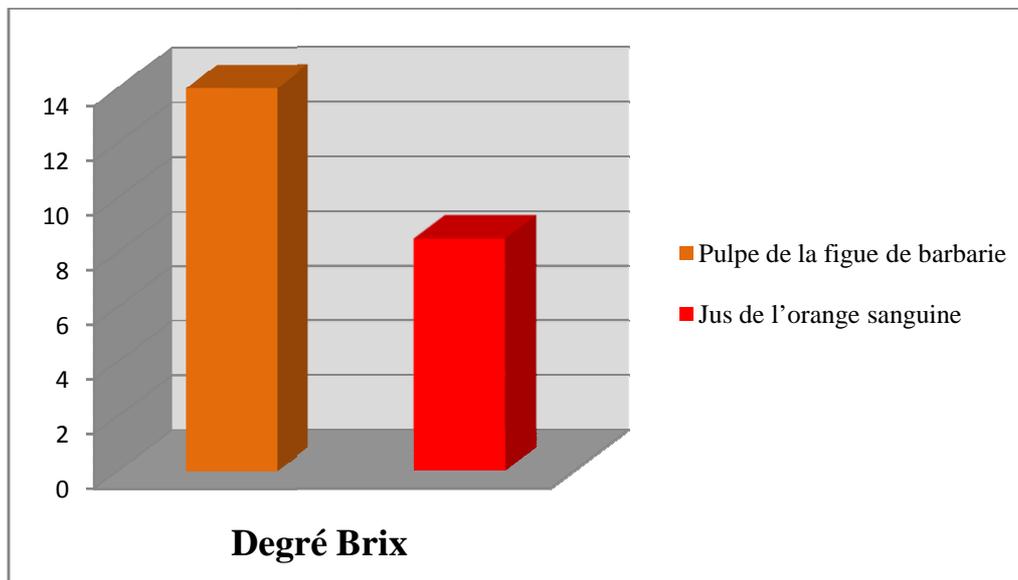


Figure N°22 : Comparaison du degré Brix de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.3. L'acidité titrable :

L'acidité titrable est exprimé en acide citrique (g/100ml) a donné les résultats représentés dans le tableau suivant :

Tableau N°XIV: L'acidité titrable de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons	E1	E2	E3	M ± E
Pulpe de la Figue de barbarie (g/100ml)	0,027	0,025	0,026	0,026±0,0008
Jus de l'orange sanguine (g/100ml)	0,64	0,65	0,64	0,64±0,004

L'acidité titrable moyenne de la pulpe analysée exprimée en acide citrique est de 0,026 g/100ml, se concorde avec le résultat trouvé par (MAATAOUI et *al.*, 2002) qui est de

0,022g/100ml, par contre sont inférieure aux résultats trouvés par (CHOUGUI *et al.*, 2013) et (MECELLEM, 2015) qui sont d'une moyenne de 0,04 g/100ml et supérieurs à ceux trouvés par (CHERRARED, 2013) qui sont d'une moyenne de 0,019 g/100ml.

Comparant à l'acidité obtenue sur l'orange sanguine qui est de 0,64 g/100ml, la figue de barbarie est largement inférieure.

Du fait de sa faible acidité et de son pH élevé, la figue de barbarie est classée dans la catégorie des denrées alimentaires faiblement acide (pH > 4,5), ce qui lui confère l'aptitude à subir des traitements thermiques à haute température (dépassant 115°C) pour la valorisation industrielle (SAENZ et SEPULVEDA, 2001).

Selon le test de *t* de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0.05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, la différence entre les moyennes est significative. (Annexe 3).

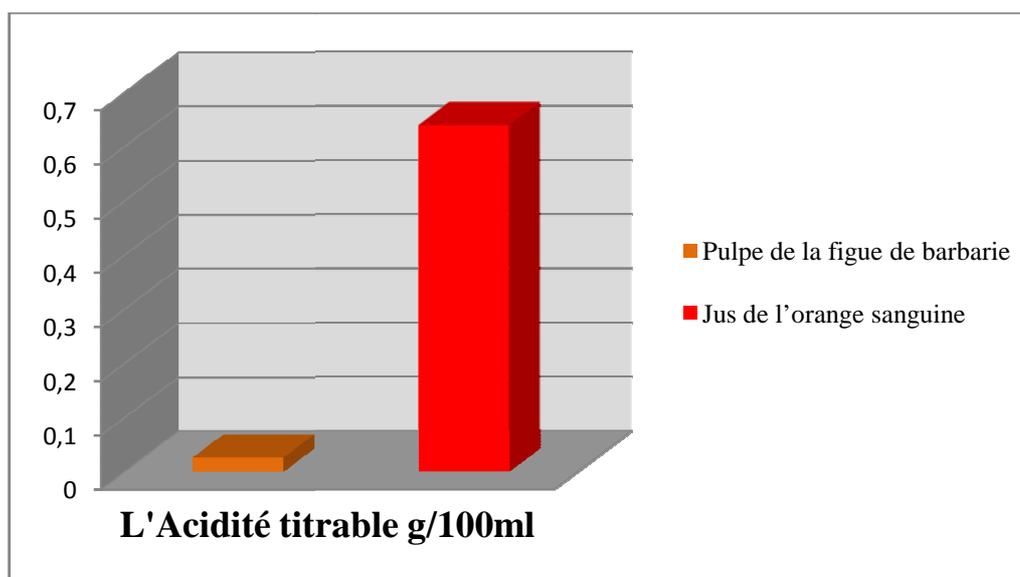


Figure N°23 : Comparaison de l'acidité de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.4. Pulposité :

Les teneurs en pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau N°XV : Les teneurs en pulpe de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons Valeurs	E1	E2	E3	M±E
Pulpe de la Figue de barbarie (%)	22	22,15	23	22±0,004
Jus de l'orange sanguine (%)	6	6,5	5,5	6±0,004

La teneur moyenne en pulpe de la figue de barbarie étudiée est de 22 % qui est supérieur à la valeur trouvée par (CHERRARED, 2013) et similaire à celle trouvée par (MAATAOUI et al., 2002) qui est de 22 %.

La teneur en pulpe de la figue de barbarie est largement supérieure à celle trouvée sur l'orange sanguine mesurée qui est de 6 %, donc le fruit de la figue de barbarie est plus riche en pulpe que celui de l'orange sanguine. Ce qui lui confère l'avantage pour la formulation des cocktails dans l'industrie des boissons.

Selon le test de *t* de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0.05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, la différence entre les moyennes est significative. (Annexe 3).

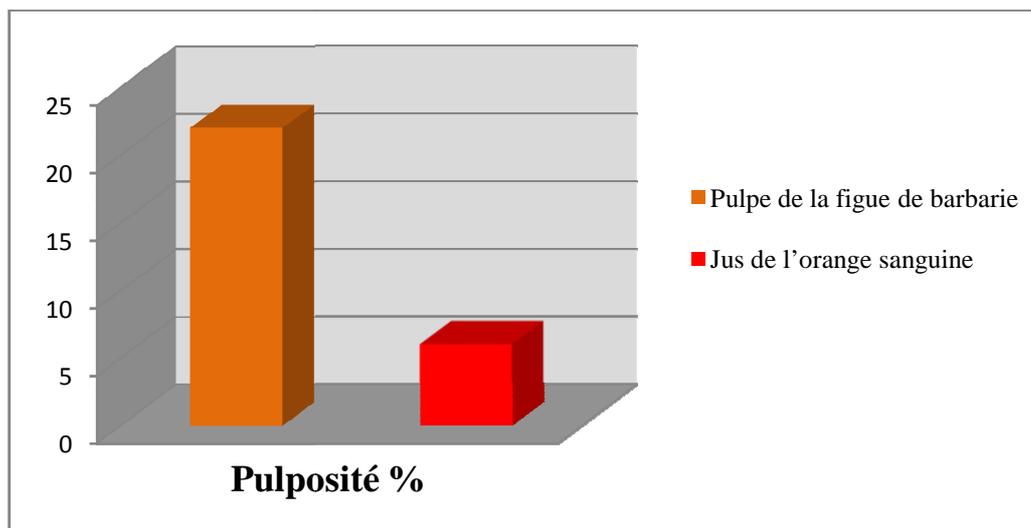


Figure N°24 : Comparaison de la teneur en pulpe de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.5. Taux de cendres :

Le taux de cendre permet d'apprécier la teneur totale en minéraux. la détermination du taux de cendre de la pulpe des deux fruits étudiés donnent les résultats suivants :

Tableau N°XVI: Le taux de cendre de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons Valeurs	E1	E2	E3	M±E
Pulpe de la Figue de barbarie (%)	0,4	0,33	0,32	0,35±0,0003
Jus de l'orange sanguine (%)	0,35	0,32	0,32	0,33±0,0001

La teneur en cendres obtenue pour la pulpe de la figue de barbarie est de 0,35 %, ce résultat concorde à celui décrit par (CHERRARED, 2013) qui est de 0,33%, et entre dans l'intervalle de ceux trouvé par (PIGA, 2004) et (DIAZMEDINA et al., 2006) qui ont rapporté que les valeurs varient entre 0,3% à 1%.

Ce taux de cendre ce rapproche également de 0,33% obtenu sur l'orange sanguine analysée.

Cette teneur en cendre nous permet d'apprécier la richesse en minéraux, par conséquent l'importance de sa valeur nutritionnelle.

Selon le test de *t* de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyenne. Autrement dit, la différence entre les moyennes n'est pas significative. (Annexe 3).

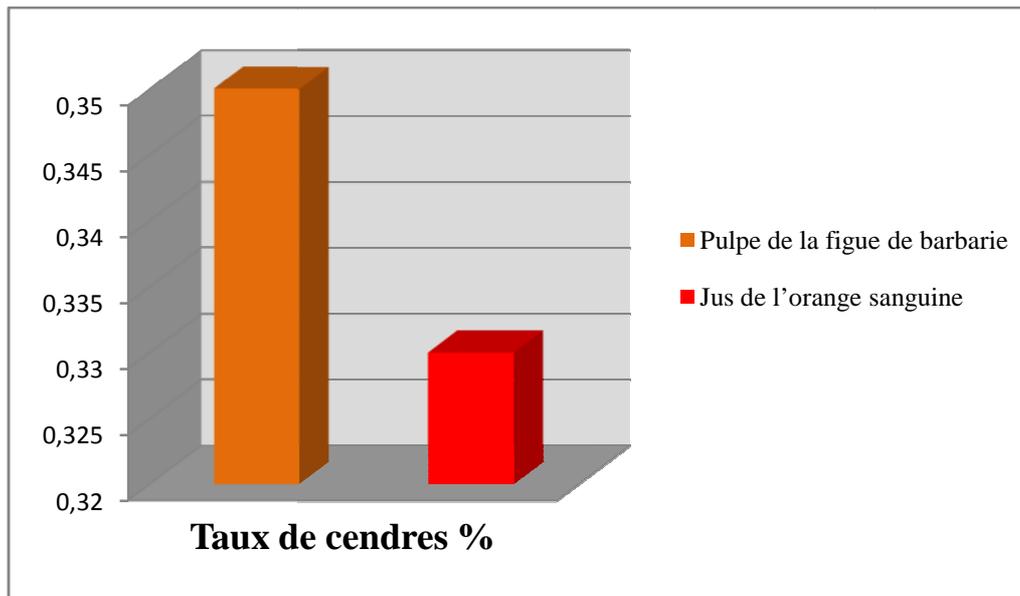


Figure N°25 : Comparaison du taux de cendres de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.6. Les sucres

Les teneurs des deux pulpes étudiées en sucres totaux, réducteurs et saccharose sont présentées par le tableau suivant :

Tableau N°XVII : Les teneurs en sucre totaux, réducteurs et saccharose de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

	Echantillons				
	Valeurs	E1	E2	E3	M±E
Sucres totaux	Pulpe de la Figue de barbarie (g/100ml)	17,241	15,150	16,129	16,17±0,853
	Jus de l'orange sanguine (g/100ml)	21,25	23,75	18,75	21,25±2,041
Sucres réducteurs	Pulpe de la Figue de barbarie (g/100ml)	11,428	10,434	12,631	11,49±0,899
	Jus de l'orange sanguine (g/100ml)	7,741	8,227	8,827	8,26±0,441
Saccharose	Pulpe de la Figue de barbarie (g/100ml)	5,52	4,48	3,323	4,44±0,898
	Jus de l'orange sanguine (g/100ml)	12,83	14,76	9,36	12,31±2,234

Les teneurs moyennes exprimées en g par 100 ml de la pulpe étudiée des sucres totaux, sucres réducteurs et saccharose sont respectivement de 16,17; 11,49 et 4,44 g/100ml sont supérieure à celles trouvées par (MAATAOUI *et al.*, 2002) qui sont de l'ordre de 12 g/100 ml pour les sucres totaux, 10 g/100ml pour le sucres réducteurs et de 0,96 g/100ml pour le saccharose. Et également supérieure a celles trouvées par (CHERRARED, 2013) qui sont respectivement de 10,6; 9,6 et 0,94 g/100ml pour les sucres totaux, les sucres réducteurs et le saccharose.

Du faite de son pH qui se rapproche de la neutralité et son taux élevé en sucre explique la saveur douce et sucré de la pulpe de la figue de barbarie, mais comparant aux valeurs trouvées sur l'orange sanguine dont les valeurs sont les suivantes: 21,25 g/100ml pour les sucres totaux, 8,26 g/100ml pour les sucres réducteurs et 12,31 g/100ml pour le saccharose, les teneurs de la pulpe de la figue de barbarie sont inférieurs.

Les sucres sont importants car ils sont responsables de la saveur de la pulpe et influencent sa consistance et ses propriétés rhéologiques. De plus ils ont une influence remarquable sur les constituants volatiles de la pulpe. En effet, la présence des glucides modifie la perception sensorielle des arômes (SAENZ, 1996).

Selon le test *t* de Student au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyenne. Autrement dit, la différence entre les moyennes n'est pas significative pour les sucres totaux. (Annexe 3).

Et au seuil de signification total $\alpha = 0.05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, la différence entre les moyennes est significative pour les sucres réducteurs et le saccharose. (Annexe 3).

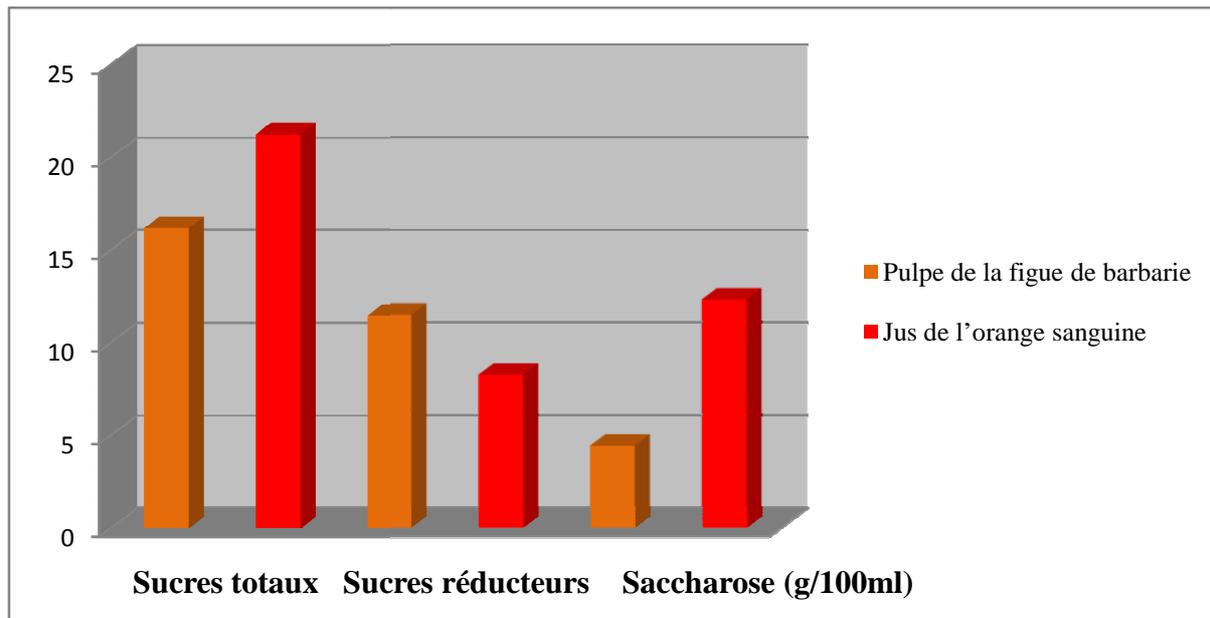


Figure N°26 : Comparaison de la teneur en sucres totaux, réducteurs et saccharose de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.7. La teneur en eau (Humidité) et en matière sèche

L'analyse est effectuée pour la détermination de la teneur en eau des deux fruit étudiées qui sont la figue de barbarie et l'orange sanguine. Les résultats obtenues sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°XVIII : La teneur en eau et en matière sèche de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

		Echantillons			
		Valeurs	E1	E2	E3
Teneur en eau	Pulpe de la Figue de barbarie (%)	80,05	77,70	80,22	79,32±0,011
	Jus de l'orange sanguine (%)	77,30	81,49	88,32	82,37±0,045
Matière sèche	Pulpe de la Figue de barbarie (%)	19,95	19,76	22,30	20,67±0,011
	Jus de l'orange sanguine (%)	22,70	18,51	11,68	17,63±0,045

La teneur moyenne en eau de la pulpe de la figue de barbarie étudiée est de 79,32 % se concorde avec les résultats trouvés par (BOUZOUBAA *et al.*, 2014) qui sont de 80% pour les

quatre cultivars et se rapproche de 86,27% qui sont les résultats trouvés par (EL-SAMAHY et al., 2006) sur la pulpe de cactus d'Égypte.

Le pourcentage d'eau de la pulpe de la figue de barbarie s'accorde aussi avec la teneur en eau de la pulpe de l'orange sanguine analysée qui est de 82,37%. Cette teneur en eau très élevée confirme l'état juteux du fruit d'*Opuntia ficus indica* qui lui confère le même pouvoir hydratant et rafraîchissant que la pulpe de l'orange sanguine qui est plus exploitée en industrie. D'autre part la teneur en eau très élevée est un paramètre qui traduit une grande périssabilité et limite l'aptitude à l'entreposage à la température ambiante.

Pour sa part, le taux de matière sèche est de 20,67 % se concorde à la valeur de 19% trouvés par (BOUZOUBAA et al., 2014) par contre elle est supérieure à la valeur théorique 16% trouvée par (ASKAR et al., 1981), aussi supérieure aux taux de matière sèche 17,63% de la pulpe de l'orange sanguine mesurée. Cela explique un rendement supérieur en pulpe de la figue de barbarie.

Au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes, autrement dit, la différence entre les moyennes n'est pas significative pour la teneur en eau et en matière sèche. (Annexe 3).

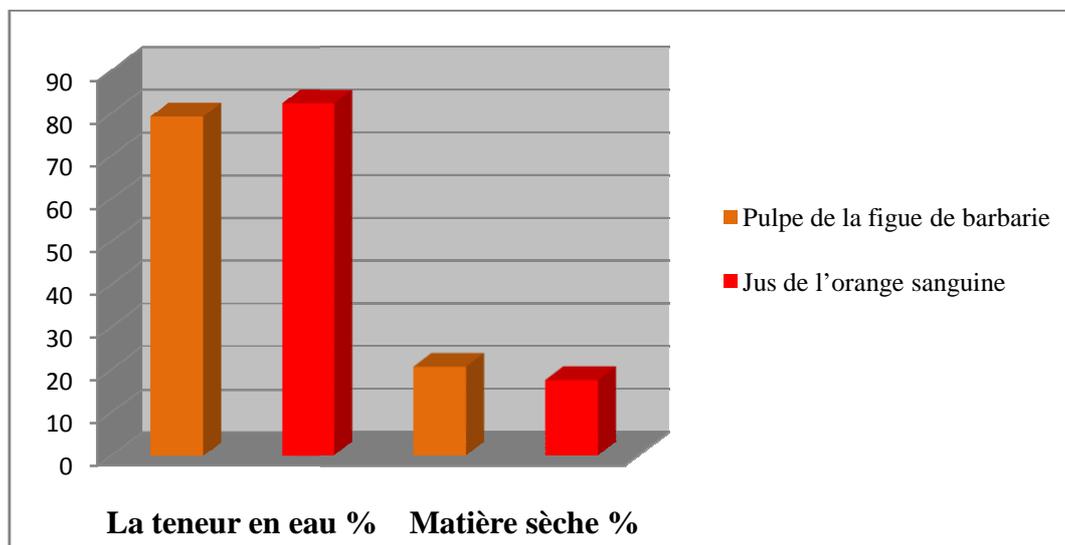


Figure N°27 : Comparaison de la teneur en eau et de la matière sèche de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.8. La vitamine C :

Le dosage de la vitamine C à donné les résultats suivants :

Tableau N°XIX : Les teneurs en vitamine C de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons Valeurs	E1	E2	E3	M±E
Pulpe de la Figue de barbarie (mg/100ml)	12,8	12,1	13,5	12,8±0,571
Jus de l'orange sanguine(mg/100ml)	48,5	46,4	47,8	47,56±0,873

La teneur moyenne d'acide ascorbique de la pulpe étudiée est de 12,8 mg/100 ml qui se concorde à celle de (PIGA, 2004) qui est de 12,5 mg par 100 ml pour la figue de barbarie de couleur jaune orangé et se rapproche des valeurs trouvée par (MECELLEM, 2015) qui sont d'une moyenne de 18,6 mg/100ml, par contre cette valeur est largement inférieur aux valeurs décrites par (CHOUGUI et *al.*, 2013) sur quatre variétés de figue de barbarie de couleur déférente : vert, jaune, orange, et rouge dont les valeurs sont respectivement 32,19; 30,07; 28,76 et 23,65 mg/100ml, cette variabilité observée dans les mesures peut être expliqué par l'influence de plusieurs facteurs tels que la voie biosynthétique de l'acide ascorbique qui est intrinsèquement efficace dans quelque cultivars que dans les autres ainsi que les facteurs climatique, la nature du sol, le stade de maturité, les condition de conservation vue qu'on a conserver notre fruit à des températures négative ce qui fait que la perte en vitamine C est inévitables.

La valeur d'acide ascorbique obtenues pour l'orange sanguine mesurée est de 47,56 mg/100ml en effet est beaucoup plus riche en vitamine C que la figue de barbarie.

Selon le test de *t* de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0.05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, la différence entre les moyennes est significative. (Annexe 3).

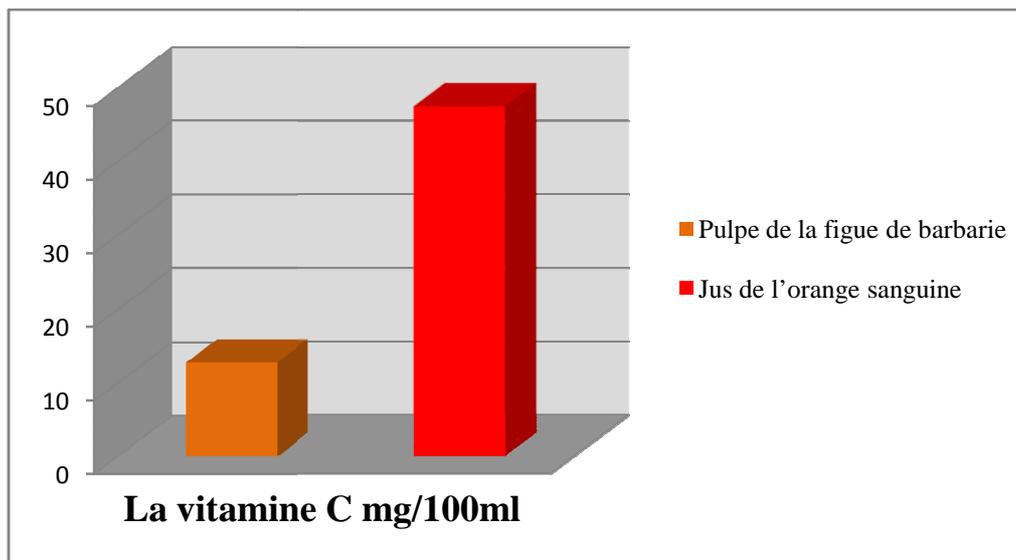


Figure N°28 : Comparaison du taux de la vitamine C de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.9. L'indice de formol :

Les résultats obtenus pour l'analyse de l'indice de formol de la pulpe sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau N°XX : L'indice de formol de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons Valeurs	E1	E2	E3	M ± E
Pulpe de la Figue de barbarie	17	18	16	17±0,816
Jus de l'orange sanguine	109	108	107	108±0,816

L'indice de formol représente un autre paramètre pour la caractérisation des jus de fruits et de légumes. Comme il s'agit ici uniquement d'un indice (l'indice de formol ne donne aucune indication sur la taille des molécules ou la quantité des acides aminés).

L'indice de formol mesuré pour 100 ml de pulpe est de 17, cet indice nous permet d'apprécier la teneur de 100 ml de la pulpe de fruit en acides aminés libres. Cette valeur trouvée se rapproche de celle trouvée par (CHERRARED, 2013) qui est de 23.33 et largement inférieur à la valeur trouvée sur l'orange sanguine mesurée qui est de l'ordre de 108.

Aussi l'indice de formol dans la pulpe de la figue de barbarie est largement supérieur à la moyenne des autres jus de fruit (KAANANE, 2000).

Selon le test *t* de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes, Autrement dit, la différence entre les moyennes est significative. (Annexe 3).

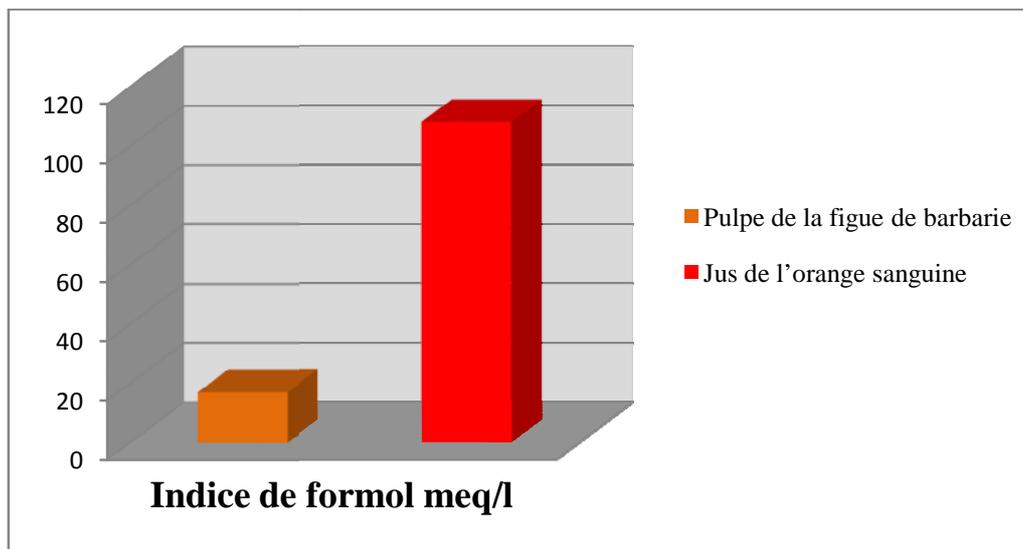


Figure N°29 : Comparaison du l'indice de formol de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.10. Les Caroténoïdes

La détermination de la teneur en caroténoïdes des deux pulpes analysées par spectrophotométrie a révélé les résultats suivants :

Tableau N°XXI : Les teneurs en caroténoïdes de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons	E1	E2	E3	M ± E
Pulpe de la Figue de barbarie ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	46,56	55,52	62,4	54,82±6,48
Jus de l'orange sanguine ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	54,56	67,44	43,84	55,28±9,64

La teneur moyenne en caroténoïdes obtenues est de 54,82 $\mu\text{g}/100\text{ml}$, se rapproche avec celle décrite par (KUTI, 2004) qui est de l'ordre de 77 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ du poids frais, ce résultat se concorde au résultat trouvée par (CHERRARED, 2013) qui est de 50,33 $\mu\text{g}/100\text{ml}$, et se rapproche de celle citée par (CHOUGUI et al., 2013) qui est de l'ordre de 65 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ du poids frais.

Les résultats obtenu sont également similaire a ceux trouvé sur l'orange sanguine analysée qui sont d'une moyenne de 55,28 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ du poids frais.

Cette richesse en caroténoïdes confère à ce fruit un pouvoir oxydant et une couleur jaune orangé à la pulpe de la figue de barbarie ainsi des caractères similaire aux caractéristiques de l'orange. Egalement les caroténoïdes métabolisé dans l'organisme en vitamine A, cette dernière est considérée comme une vitamine de croissance, ayant une action sur l'équilibre « acide-base» et une action anti-infectieuse (VOUTILAINEN et al., 2006).

Selon le test t de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, la différence entre les moyennes n'est pas significative. (Annexe 3).

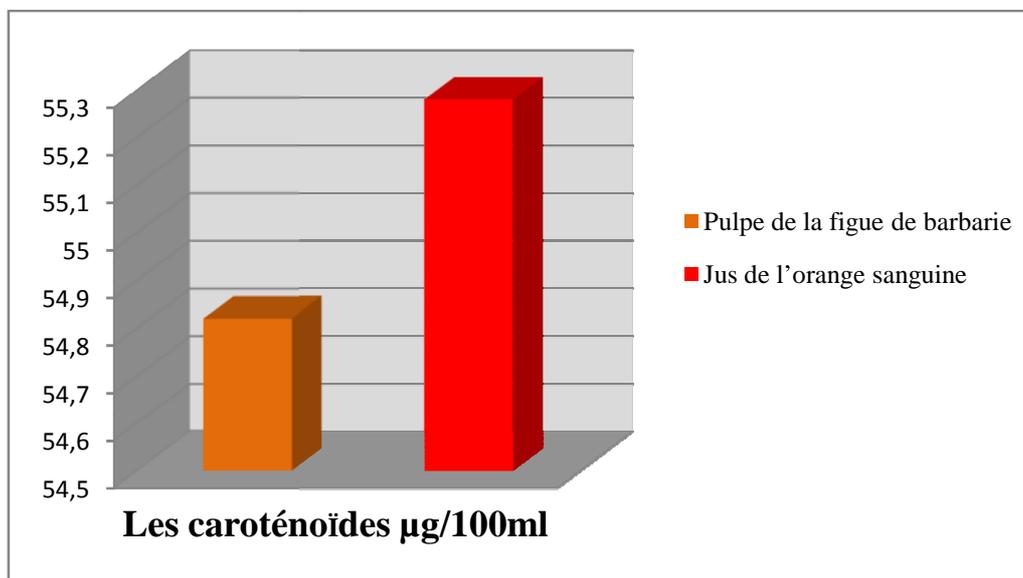


Figure N°30 : Comparaison de la teneur en caroténoïdes de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.11. Les composés phénoliques :

La concentration en composés phénoliques est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique et est exprimée en mg d'acide gallique par 100 ml de fruit. (**Annexe 2**).

Le dosage des poly phénols par spectrophotométrie a donné les résultats illustrés dans le tableau suivant :

Tableau N°XXII : Les teneurs en composés phénoliques de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons Valeurs	E1	E2	E3	M±E
Pulpe de la Figue de barbarie (mg/100ml)	76,1	66,4	46,8	63,1±12,18
Jus de l'orange sanguine(mg/100ml)	176	176	158	170±8,48

La teneur moyenne en composés phénoliques totaux contenue dans la pulpe de la figue de barbarie analysée est de 63,1 mg/100ml, se concorde avec celle trouvée par (**DEHBI et al., 2013**) sur une variété de la région de ait baamrane du maroc et alkala étudié par « Centre for Biotechnology, Sfax, Tunisia » dont les résultats sont respectivement 64,36 mg/100ml; 63,21 mg/100ml.

La valeur obtenue est inférieure à 66,60 mg/100ml qui est la valeur de polyphénol totaux décrite par (**CHOUGUI et al., 2013**), mais aussi rentre dans l'intervalle de 47,23; 66,60 mg/100ml décrit par (**KUTI, 2004**) sur une variété de figue de barbarie du Texas.

La valeur obtenue est supérieure au résultat trouvé par (**DIAZMEDINA et al., 2006**) qui est de 45,20 mg/100ml.

Comparant à 170mg/100ml qui est le résultat qu'on a trouvé sur l'orange sanguine analysée, cela nous indique que la pulpe de l'orange sanguine est beaucoup plus riche en composés phénoliques, n'empêche que la figue de barbarie est l'un des fruits les plus riche en polyphénols.

Selon le test de t de Student, au seuil de signification total $\alpha = 0.05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. Autrement dit, la différence entre les moyennes est significative. (Annexe 3).

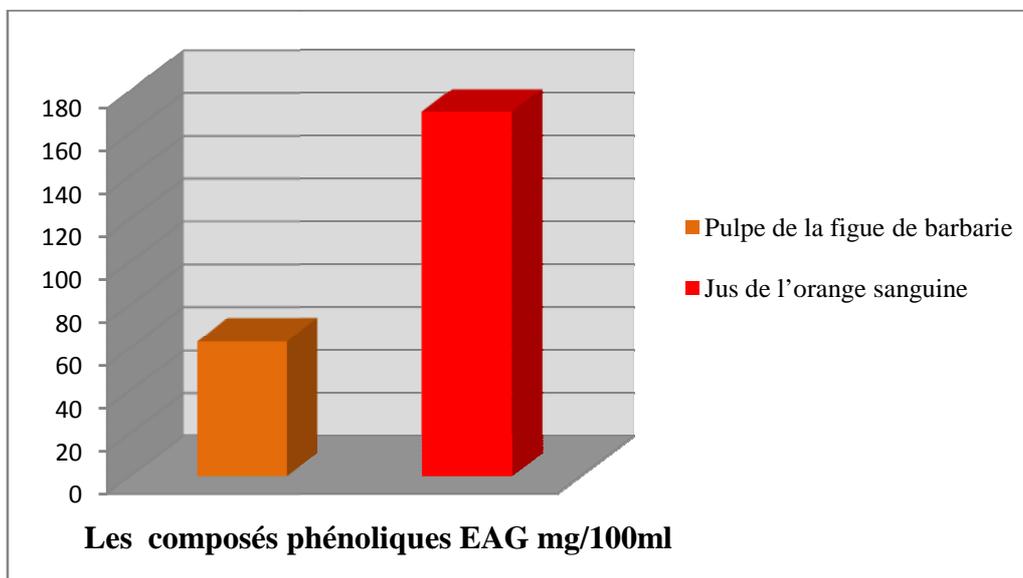


Figure N°31 : Comparaison de la teneur en composés phénoliques de la pulpe de la figue de barbarie analysée avec le jus de l'orange sanguine.

II.1.12. Les bétalaines :

La figue de barbarie est caractérisée par la présence de deux grandes classes de pigments de bétalaines: le jaune orange betaxanthines et le rouge violet betacyanines. Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau N°XXIII : Les teneurs en betacyanines et en betaxanthines de la pulpe de la figue de barbarie et de l'orange sanguine.

Echantillons Valeurs	E1	E2	E3	M ± E
Bétacyanines (mg/100g)	1,415	1,056	1,347	1,27±0,155
Bétaxanthines (mg/100g)	4,092	4,813	4,318	4,40±0,301

Les teneurs moyennes en betacyanines et en betaxanthine de la pulpe étudiée sont respectivement de l'ordre de 1,27 et 4,40 mg/100g du poids frais, nos résultats rentrent dans l'intervalle des valeurs trouvées par (CHOUGUI *et al.*, 2013) pour les betacyanines qui sont de 0,90 à 2,93 mg/100g et pour les bétaxanthines de 3,44 à 6,79 mg/100g pour deux variétés de figue de barbarie de couleur jaune et orange.

Selon (KUGLER *et al.*, 2007). Les teneurs en betacyanines et betaxanthines de la pulpe de la figue de barbarie varient respectivement de 0,6 à 5,9 mg/100g et de 3,3 à 4,8 mg/100g du poids frais, nos résultats rentrent dans ces intervalles.

D'après les résultats décrits par (MECELLEM, 2015). La teneur en betacyanines trouvée est supérieure à celle décrite qui est de 0,8 mg/100g, se rapproche aux résultats trouvés en bétaxanthines qui sont d'une moyenne de 6,8 mg/100g, et vu que notre fruit est de couleur jaune orangé a fait que la teneur en betaxanthines est supérieure à celle de betacyanines de la pulpe analysée.

Ce pigment est un facteur antioxydant important et sa présence confère au fruit une attraction particulière.

II.1.13. L'activité antioxydante :

Les propriétés nutritionnelles du fruit de la figue de barbarie est associé aux composés antioxydants qu'il contient: acide ascorbique, composés phénoliques, un mélange de betacyanine et de betaxanthine, caroténoïdes. Le but de cette analyse est de révéler les caractéristiques antioxydantes des deux pulpes étudiées.

Pour évaluer le potentiel antioxydant on a utilisé la méthode de dosage avec solution tampon phosphate, les lectures des densités optiques ont été effectuées au spectrophotomètre à 700nm.

Les résultats obtenus pour l'analyse du pouvoir réducteurs (antioxydant) des différents échantillons et les étalons sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau N°XXIV : L'Activité antioxydante de la pulpe de la figue de barbarie, le jus d'orange et les étalons.

	Echantillons	E1	E2	E3	M±E
	Valeurs				
DO à 700 nm	Pulpe de la Figue de barbarie	1,501	1,741	1,633	1,625±0,098
	Jus de l'orange sanguine	1,808	1,734	1,942	1,828±0,086
	Etalon 1 : Vitamine C	0,804	0,440	0,581	0,608±0,149
	Etalon 2 : Acide gallique	0,539	0,751	0,661	0,650±0,086

Les résultats d'analyses du pouvoir réducteurs obtenues sur la pulpe de la figue de barbarie est d'une moyenne de 1,625 qui est supérieure aux résultats obtenues sur les solutions étalons (vitamine C est de 0,608 et l'acide gallique est de 0,650).

Les résultats obtenues se concorde avec ceux de **(BAZARGANI-GILANI et al., 2014)** qui ont donné une absorbance de 1,75. Et également supérieur au résultats décrit par **(YEDDES et al., 2013)** qui sont de 1,54 sur une variété de figue de barbarie en Tunisie.

Par rapport à l'orange sanguine sur la quelle on a effectué la même analyse, celle de la figue de barbarie se rapproche de la valeur obtenu sur l'orange sanguine qui est de 1,828.

La transition des ions a une grande influence sur la génération des radicaux en présence d'oxygène par la production des radicaux hydroxydes. La capacité antioxydante augmente exponentiellement en fonction du développement de la puissance de réduction **(CHOUGUI et al., 2013)**.

Cette capacité élevé en composés antioxydants confère à ce fruit des caractéristiques nutritionnelle impressionnante et une matière première importante aux industries.

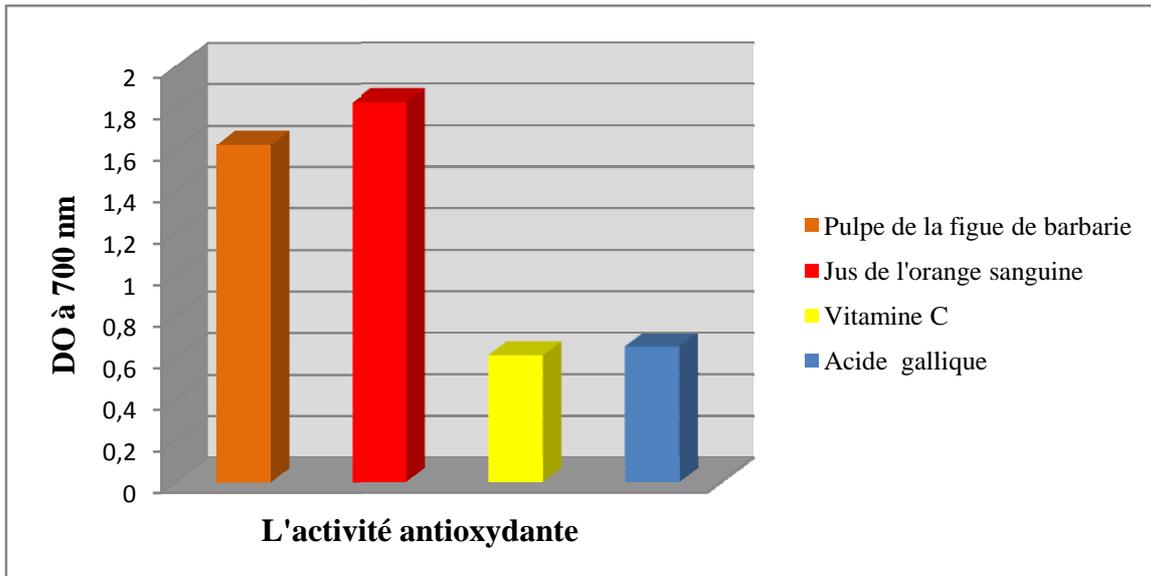


Figure N°32 : Estimation de l'Activité antioxydante de la pulpe de la figue de barbarie, le jus d'orange et les étalons.

Conclusion



Conclusion

Le travail entrepris a été mené sur la pulpe de fruits d'une variété locale de figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) récoltées dans la région Oued ksari, Tizi Ouzou, et malgré que ce fruit est reparti partout en Algérie son exploitation reste limitée, car plusieurs ignorent l'importance de ce fruit naturel ayant des caractéristiques semblables aux autres fruits plus connus et plus exploités et même contenant en plus des composants mineurs bénéfiques. Pour connaître la valeur nutritionnelle, plusieurs analyses ont été effectuées afin d'identifier les caractéristiques physicochimique de cette pulpe et le pouvoir antioxydant ou réducteur puis comparés les résultats obtenus à l'orange sanguine sur laquelle on a effectué les mêmes analyses.

L'analyses des paramètres physico-chimiques de la pulpe de figue de barbarie étudiée montre que cette dernière est globalement, très riche en eau, en minéraux, présente une acidité très faible et un pH qui se rapproche de la neutralité avec un taux de sucres relativement élevé, qui confère à ce fruit le caractère juteux et une saveur douce et sucrée. Un potentiels antioxydant important qui est due à la teneur élevée en substances bioactives telles que : les composés phénoliques, pigments betalaines, caroténoïdes, vitamine C, qui empêchent la génération des radicaux hydroxyles par des réactions de réduction et éventuellement des effets synergiques par la combinaison d'antioxydants individuels. En effet cette pulpe d'*Opuntia ficus-indica* peut être utilisé non seulement pour la formulation des jus ou cocktail à puissante capacité antioxydante naturelle, mais aussi au tant qu'ingrédient à forte valeur ajoutée dans l'industrie alimentaire, ainsi comme colorant naturelle ou comme additif important pour les aliments fonctionnels.

Cette pulpe nous a également révélé des propriétés similaires et d'autres se rapprochant de l'orange sanguine analysé. Néanmoins il ya quelques différences pour certaines propriétés.

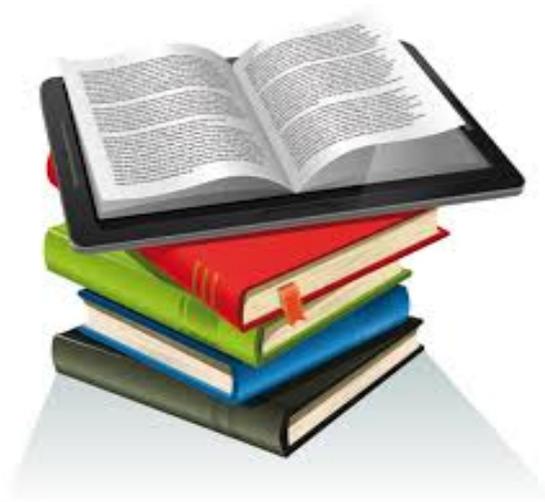
Perspectives :

- ✓ Elargir l'étude en testant d'autres variétés.
- ✓ Utiliser des techniques d'analyses développées (HPLC...) pour identifier la composition des extraits.
- ✓ Vue la richesse de ces fruits, il est important de les exploiter en industrie agroalimentaire.

Conclusion et perspectives

- ✓ Réaliser des tests in Vivo avec ses composés bioactifs afin de déterminer l'effet de ces composés sur la santé.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

ABDEL-HAMEED E.S. S., NAGATY M.A., SALMAN M.S., BAZAID S.A., 2014. Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of two prickly pear cactus cultivars (*Opuntia ficus indica* Mill.) growing in Taif, KSA. *Food Chemistry*, 160(0), 31-38.

AFNOR., 1986. Jus de fruits et légumes : spécification d'analyse. 2^{ème} éd, Tour Europe, Paris, 155p.

ANONYME., 2017. Figuier de barbarie : http://fr.wikipedia.org/wiki/Opuntia_ficus-indica page consulté le (17/05/2017 à 15:40).

ANONYME₁ WWW.tela-botanica.org.2011 page consulté le (01/06/2017).

AOAC., 1984. Official methods of analysis 15th Ed. Association of official analytical chemists, USA, pp : 1058-1059.

ARABA M., EL AICH A., SARTI B., BELBAHHRI LL., BOUBKRAOUI A., AIT HAMMOU A., ZEMMOURI A., SBAA H., 2000. Valorisation du figuier de barbarie en élevage. *Transfert de technologie en agriculture*, 1-4.

ASKAR A., EL SAMAHY S., 1981. Chemical composition of prickly pear fruits. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 77: 279-281.

BARBERA G., 1995. History, economic and agro-ecological importance. In Barbera G. Inglese P; & Pimienta-barrios P. (Eds.), *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear* (pp: 1-11). FAO Production and protection Paper, 132.

BARBERA G., INGLESE P., PIMIANTA-BARRIOS E., 1995. *Agro-Ecology, cultivation and uses of cactus pear*: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

BARBERA K.M., 2007. Characterization of cactus pear germplasm in South Africa. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Philosophiae Doctor. University of the Free State.

BARKATOVE J., ELISSEV H., 1979. Guide des travaux pratiques du contrôle technico-chimique de la production des conserves. Cité par Bakkouch M-S. Idjakirenne N., 1997. *Memoire d'ing. Ina, EL-Harrach. Alger.*

BAZARGANI-GILANI B., TAAJIK H., ALIAKBARLU J., 2014. Physicochemical and antioxidative characteristics of juice and comparison of its antioxidative activity with *Zataria multiflora* boiss essential oil. Department of Food Hygiene and Quality Control, faculty of veterinary medicine. Veterinary research Forum, URMIA university, IRAN; 5(4), pp: 313-318.

BENAMARA et AGOUGOU A., 2003. Production des jus alimentaires : Technologie des industries alimentaire. Ed.2.02.4280. Alger : office des œuvres universitaires, ISBN 996. 1. 0. 0616X. 162p.

BERLINET C., 2006. Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Thèse de DOCTORAT. Agro Paris Tech. P224.

BOUJGHAGH M. CHAJIA L., 2001. Le cactus : Outils de gestion de la sécheresse dans le sud ouest marocain. *Terre et Vie* 52, 1-7.

BOUZOUBA Z., ESSOUKRATI Y., HATIMI A., GHARBY S., HARHAR H., 2014. Etude physicochimique de deux variétés de figues de barbarie (Achefri et Amouslem) du sud Marocain, les technologies de laboratoire, vol 8, N°34, pp : 137-144.

BUTERA D., TRESORIERE L., DIGAUDIO F., BONGIORNO A., ALLEGRA M., PINTAUDI A.M., ROHN K., LIVREA M.A., 2002. Antioxidant Activities of Sicilian Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) Fruit extracts and Reducing Properties of its Betalains : Betanin and indicaxanthin. *Journal of agricultural and food chemistry* 50, 6895-6901.

CANTWELL M., 1991. Quality and postharvest physiology of napolitos and tunas. *Proceedings of the 16th International Horticultural Congress* and FAO 162, Roma, pp: 9-10.

CASA A., BARBERA G., 2002. *Mesoamerican domestication and diffusion, pp.143-162. In Nobel P S (ed) Cacti biology and uses. University of California, Berkely, 292p.*

CASSANO A., CONIDI C., DRIOLI E., 2010. Physico-chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes. *Desalination*, 250(3), pp : 1101-1104.

CASSANO A., MARCHIO M., DRIOLI E., 2007. Clarification of blood orange juice by ultrafiltration: analyses of operating parameters, membrane fouling and juice quality. *Desalination*, 212(1), 15-27.

CHAOUCHE F.Z., HUSSAIN A.M.S., 2008. Contribution à l'étude de l'*Opuntia* et perspectives d'amélioration, dans le milieu steppique. *Agricultura-StiinŃă si practică* 1, 65-66.

CHAVEZ-SANTOSCOY R.A., GUTIERREZ URIBE J.A., SERNA SALDIVAR S.O., 2009. Phenolic composition , Antioxidant Capacity and In Vitro Cancer Cell Cytotoxicity of Nine Prickly Pear (*Opuntia spp.*) Juices. *Plant Food Human Nutrition*. 64, pp: 146-152.

CHERRARED Z., 2013. Caractérisation physicochimique de la figue de barbarie (*Opuntia ficus indica*), essai de fabrication d'un nectar de fruit et test de stabilité. Mémoire d'ingénieur en technologie alimentaire. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie.

CHOUGUI N., LOUAILECHE H., MOHEDEB S., MOULOUDJ Y., HAMNOUI Y., TAMENDJARI A., 2013. Physico-chemical characterisation and antioxidant activity of somme *Opuntia ficus-indica* varieties grow in north Algeria. *African journal of biotechnology*, vol 12 (3), pp : 299-307.

CHOUGUI, N., 2014. *Caractérisation physico-chimique et évaluation du pouvoir antioxydant de variétés de figues de barbarie (Opuntia ficus -indica L.) de Bejaia.* Université de Bejaia, Bejaia.

CORREAL, 1998. IN BETTIRA A., BENACHOUR H., 2006. Contribution a la caractérisation des fruits et jus de l'*Opuntia ficus indica* a differes stades de maaturité. Mémoire d'ingénieur agronome, Université de saad dahleb, Blida, 86p.

DAHBI F., HASIB A., OUATMANE A., ELBATAL H., JAOUD A., SAYADI S., 2013. Effect of phenolic compounds and betalain pigments of pearjuices, *Nature and technology, Journal B-Agronomic and biological sciences*, N°9, pp : 2-7.

DEMOULAIN G., 2009. Le sucre dans tous ses états : Décryptage des informations nutritionnelles. *Filière Nutrition et diététique* 1 ,1-8.

DIAZ-MEDINA E.M., RODRIGUEZ E.M., DIAZ ROMERO C., 2006. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica*. *Food Chemistry*.103, pp: 38-45.

Références bibliographiques

DOMINGUEZ A., 2002. Caractérisation et optimisation de la flaveur du jus d'orange non fait de concentré. Thèse DOCTORAT. Université Laval.

DURING A., HARRISSON E., 2004. Intestinal absorption and metabolism of carotenoids: insights from cell culture. Archives of Biochemistry and Biophysics. 430 :77-8. Fruits Oubliés, 2004, N°20, pp: 1-3.

EL KOSSORI R L., VILLAUME C., EL BOUSTANI E., SAUVAIRE Y., MEJEAN L., 1998. Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus-indica* sp.); *Plant food for Human Nutrition*, 52, pp 263-270.

EL SAMAHY S.K., ABD EL HADY E.A., HABIBA R.A., MOUSSA T.E., 2006. Chemical and Rheological Characteristics of Orange-Yellow Cactus-Pear Pulp from Egypt. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, vol 8, p39-51.

FADILA., 2017. « La figue de barbarie un fruit aux nombreuses vertus ». Soir Santé, Journal le Soir d'Algérie

FADILA DH., 2017. La figue de barbarie un fruit aux nombreuses vertus, Journal le soir d'Algerie, p 17.

FALCÃO H.M., OLIVEIRA M.T., MERGULHÃO A.C., SILVA M.V., SANTOS M.G., 2013. Ecophysiological performance of three *Opuntia ficus-indica* cultivars exposed to carmine cochineal under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 150, 419-424.

FERNANDEZ M.L., LIN E.C., TREJO A., MC NAMARA D.J., 1992. Prickly pear (*Opuntia spp.*) pectin low density lipoprotein receptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pigs. *Journal of nutrition*, 122, 233 0-2340.

FERNANDEZ-LOPEZ J.A., LUIS-ALMELA L., 2001. Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in cactus pear fruits. *Journal Chromatography*, 913, pp : 415-420.

FEUGANG J.M., KONARSKI P., ZOU D., STINTZING F.C., ZOU C., 2006. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia spp*) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience* 11, pp: 2574-2589.

FRATI A., 1992. Medical implication of prickly pear cactus. *P. Felkar, & LR Moss, Proc. 3rd Annual Texas prickly pear council*, 24-25.

GINESI C., ROSSET C., PICHARD A., 2000. Alimentation crétoise en Suisse: de la théorie protectrice à la réalité pratique. *Revue Medicine Suisse* 360, 23-33.

GINESI C., ROSSET C., PICHARD A., 2002. Alimentation crétoise en Suisse: de la théorie protectrice à la réalité pratique. *Revue Medicine Suisse* 360, 23-33.

GROTEWOLD E., 2006. The genetics and biochemistry of floral pigments. *Annu Rev Plant Biol* 57: pp 761-780.

GUEVARA J.C., YAHIA E.M., BRITO DE LA FUENTE E., 2001. Modified Atmosphere Packaging of Prickly Pear Cactus Stems (*Opuntia spp.*). *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 34, PP : 445-451.

GURRIERI S., MICELI L., LANZA C.M., TOMASELLI F., BONOMO R.P., RIZZARELLI E., 2000. Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and perspectives for the storage of its juice. *Journal Agricultural Food Chemistry* 48, pp : 5424-5431.

GUZVARA J.C., YAHIA E.M., BRITO E., 2003. Effects of elevated concentrations of CO₂ in modified atmosphere packaging on the quality of prickly pear cactus stems (*Opuntia spp.*) *Postharvest biology and technology* 29, pp: 167-176.

HABIBI Y., 2004. Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux caractérisation et modification chimique. Thèse soutenue en vue d'obtention de grade de Docteur de l'Université Joseph-Fourier-Grenoble I.

HABIBI Y., MAHROUZ M., MICHEL VIGNON R., 2002. Isolation and structure of D-xylans from pericarp seeds of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate Research* 337, pp : 1593-1598.

JEONG-CHAE L., HAK-RYUL K., JU K., YONG-SUK J., 2002. Antioxidant Property of an Ethanol Extract of the Stem of *Opuntia Ficus-Indica* Var. *Saboten*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 6490-6496.

JIMÉNEZ-AGUILAR D.M., LÓPEZ-MARTÍNEZ J.M., HERNÁNDEZ-BRENES C., GUTIÉRREZ-URIBE J. A., WELTI-CHANES J., 2015. Dietary fiber, phytochemical

Références bibliographiques

composition and antioxidant activity of Mexican commercial varieties of cactus pear. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41(0), pp : 66-73.

KADIK B., 1974. Plantations semi forestières pastorales, rev. INRA., Alger pp: 83-92.

KANNANE A., 2000. Techniques de valorisation industrielle des figues de barbaries. Actes de la deuxième journée nationale sur la culture de cactus.

KANNER J., HAREL S., GRANIT R., 2001. Betalains a new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), pp : 5178-5185.

KAPADIA G.J., TOKUDA H., KONOSHIMA T., NISHINO H., 1996. Chemoprevention of lung and skin cancer by Beta vulgaris (beet) root extract. *Cancer letters*, 100(1), pp : 211-214.

KATO I., AKHMEDKHANOV A., KOENIG K., TONIOLO P. G., SHORE R. E., & RIBOLI E., 1997. Prospective study of diet and female colorectal cancer: the New York University Women's Health study.

KELEBEK H., CANBAS A., SELLI S., 2008. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (*Citrus Sinensis (L.) Osbeck*) grown in Turkey. *Food chemistry*, 107(4), 1710-1716.

KENNY L., 1997. Le Figuier de barbarie. Importance économique et conduite technique. Bulletin Lia 35, 2-4.

KENNY L., 1997. Le Figuier de barbarie. Importance économique et conduite technique. Bulletin Lia 35, 2 – 4.

KHOURI M.S., 1970. Opuntia: bilan écologique en Algérie. MARACARE, Alger, 59 p.

KIMBALL D.A., 1999. *Citrus processing: a complete guide*: Aspen Gaithersburg, MD.

KUGLER F., STINTZING F.C., CARLE R., 2007. Evaluation of the antioxidant capacity of betalainic fruits and vegetables. *Journal of Applied Botany and Quality*. 81, pp : 69-76.

KUTI J.O., 2004. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Food Chem* 85, pp: 527-533.

Références bibliographiques

- LE HOUEROU H.N., 1996.** The role of cacti (*Opuntia spp*) in erosion control, reclamation, rehabilitation and agricultural development in the mediterranean basin. *Jornal of arid environement*,n. 33, pp: 17-27.
- LEE Y.C., PYO Y.H., AHN C.K., KIM S.H., 2005.** Food functionality of *Opuntia ficus indica* var.Cultivated in Jeju Island. *J Food Sci Nutr* 10, pp: 103-110.
- MAATAOUI B.S., HILALI S., 2002.** Caractérisation physico-chimique de jus de deux types de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) de la région Chaouia. Congrès de biochimie, Casablanca.
- MAATAOUI B.S., HMYENE A., HILALI S., 2006.** Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). *Lebanese Science Journal*, 7,3-8.
- MAATAOUI, B., HILALLI S., 2004.** Composition physico-chimique de jus de deux types de fruits de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) cultivés au Maroc. *Reviews in Biology and Biotechnology*, 3(2), 8-13.
- MAHMOUDI F., 2000.** Détermination de la composition chimique et mesure de la digestibilité des raquettes terminales et subterminales de l'*Opuntia ficus indica* dans l'alimentation des ruminants. mémoire d'ingénieur agronome, Université de Mostaganem, 65p.
- MARTIN S., ANDRIANTSITOHAINA R., 2002.** Cellular mechanism of vasculo-protection induced by polyphenols on the endothelium. *Annales de cardiologie et d'angéiologie*. 51: pp 304-315.
- MAUSETH J.D., 2007.** Tiny but complex foliage leaves occur in many leafless cacti (cactaceae). *International Journal of plant sciences*, 168:845-853.
- MECELLEM R., 2015.** Optimisation de la formulation d'une confiture à base de la figue de barbarie « *Opuntia ficus indica* » par le plan d'expérience. Mémoire de master en sciences des aliments. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa, Algérie.
- MERTENS-TALCOTT S.U., ZADEZENSKY L., 2006.** Grape-fruit drug interaction : Can interactions with drugs be avoided *Journal of Clinical Pharmacology*, 46 (12), pp 1390-1416.

Références bibliographiques

MESSAID H., 2008. Optimisation du processus d'immersion-rehydratation du système dates seches-jus d'orange. Thèse MAGISTER. Université M'hamed Bougura Boumerdes. p 74.

MIDDELTON E., KANDAWAMI C., THEOHARIDES T.C., 2000. Pharmacological Rview. 52. (4).

MIDDLETON E., KANDASWMI C., THEOHARIDES T.C., 2000. Pharmacological rview. 52. (4).

MONTANA CAMARA M., CARMEN DIEZ., ESPERANZA TORIJA M., 1994. HPLC determination of organic acids in pineable juice and nectars. Z. Lebensm Unter Forsch. 198, pp: 52-56.

MORENO-ALVAREZ M.J., MEDINA C., ANTON L., GARCIA D., BELEN-CAMACHO D.R., 2003. Uso de pulpa de tuna (*Opuntia boldinghii*) en la elaboracion de bebidascitricas pigmentadas. *Interciencia*, 28, pp : 539-543.

MULAS M., MULAS N.G., 2004. Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres atriplex et opuntia dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority environmental Action Programme (SMAP). University des études de Sassari groupe de recherche sur la désertification.

MUNOS DE CHAVEZ M., CHAVEZ A., VALLES V., ROLDAN J.A., 1995. The Nopal : A Plant of Manifold Qualities. In World Review of Nutrition and Dietetics 77, pp: 109-134.

NEBBACHE S., CHIBANI A., CHADLI R., BOUZNAD A., 2008. Chimical composition of *Opuntia ficus indica*(L.) fruit. African Journal of Biotechnology 8, 1623-1624.

NEFFAR S., BEDDIAR A., REDJEL N., BOULKHELOUA J., 2011. Effets de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) sur les propriétés du sol et la végétation à Tébessa (zone semi-aride de l'est algérien). *Revue internationale d'écologie méditerranéenne* 37, 1-5.

NEFZAOUI A., CHEMILI, 1991. Place et rôle des arbustes fourragers dans les zones arides et semi arides de la Tunisie. In **HADJ SADOUK T., 2009.** Composition chimique des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus-indica* et possibilités de valorisation alimentaire. Thèse Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, 87 p.

Références bibliographiques

ODOUX E., DOMINGUEZ L.A., 1996. Cactus pear: an industrial source of betalains. *Fruits* 51, pp : 61-78.

OYAIZU M., 1986. Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr*; 44: 307-315.

PARIS M., HURABELLE M., 1981. Abrégé de matière médicale, pharmacognosie, pp : 210-215.

PIGA A., 2004. Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Développement*, pp 9-22.

PIGA A., 2005. Cactus Pear : fruit quality management and potential for processing. Ramdane Dris PhD. (ED), *Fruit: Growth, Nutrition and Quality* 2, 124-150.

PIGA A., DEL CARO A., PINNA I., AGABBIO M., 2003. Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruits. *Lebensm. - Wiss. U. - Technol*, 36, pp : 257–262.

PIMIANTA-BARRIOS E., MUNOZ U.A., 1995. Domestication of opuntias and cultivated varieties. In *Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*. (G. Barbera, P. Inglese, and E. Pimienta-Barios, eds.). *FAO Plant Production and Protection paper 132*. FAO-Rome, pp.58-63.

RAMADAN M.F., MÖRSEL J.T., 2003. Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L). *Food Chemistry* 82, pp : 339-345.

RAO A., RAO L., 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*. 55, pp: 207-216.

REYES-AGUERO J.A., AGUIRRE J.R., VALIENTE-BANUET A., 2005. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. *Journal of Arid Environments* 64, pp : 549-585.

RODRIGUEZ-FELIX A., VILLEGAS-OCHOA M.A., 1997. Quality of cactus stems (*Opuntia ficus indica*) during low-temperature storage. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.*, 2, pp: 142-151.

ROJAST., 1990. Agricultural en la epoca prehispania En la agricultura en la tierras Mexicanas desde sus origines hasta nuestros dias, editorial garijalvo Mexico, pp. 15-119. In

Références bibliographiques

- BETTIRA A., BENACHOUR H., 2006.** Contribution a la caracterisation des fruits et jus de l'*Opuntia ficus indica* a différents stades de maturité. Mémoire d'ingénieur Agronome, Université de Saad Dahleb, Blida, 86 p.
- SAENZ C., 2000.** Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia spp.*) fruits and cladodes. *J.Arid.Environ*, 46, pp : 203-225.
- SAENZ C., 1996.** Food products from cactus pear (*Opuntia ficus indica*). *Food Chain* 18, pp: 10-11.
- SAENZ C., 2000.** Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia spp.*) fruits and cladodes. *Journal of Arid Environments*, 46(3), pp : 209-225.
- SAENZ C., 2002.** Cactus pear fruits and cladodes : A Source of functional components for foods. *Acta Hort. (Proc 4th IC on Cactus Pear and Cochineal)* 581, pp : 253-263.
- SAENZ C., CORRALES-GARCIA J., AQUINO-PIREZ G., 2002.** Nopalitos, mucilage, fiber, and cochineal. In: Nobel, P. S. (Ed.), *Cacti. Biology and uses*, university of California Press, Berkely, Los Angeles, London, pp : 211-234.
- SAENZ C., SEPULVEDA E., 2001.** Cactus-pear juices. *Journal of the Professional Association for Cactus Développement*, 4, pp : 3-10.
- SANCHEZ-MORENO C., PLAZA, L., DE ANCOS, B., CANO M.P., 2003.** Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of food and Agriculture*, 83(5), 430-439.
- SAWAYA W.N., KHALIL J.K., AL-MOHAMMED M.M., 1983.** Qual. Plant. *Plant food Human. Nutrition*, 33, pp : 91-97.
- SCHWEIZER M.** Docteur Nopal le médecin du bon dieu. Paris : APB, 1999, disponible sur : www.science-et-magie.com/archives02num/.../5802nopal.pdf consulté le 27/05/2017.
- SCHWEIZER M., 1997.** Docteur Nopal, le médecin du bon Dieu: Ed. Aloe Plantes et Beauté (APB). Paris, France. APB et M. schweizer, ISBN 2-912978-07-6.
- SINGLETON V.L., ROSSI J.A., 1965.** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Ecology and viticulture*. 16, 144-158.

SOUCI SW., FACHMANN W., KRAUT H., 1994. *Food composition and nutrition tables.* éd, CRC, Press. Tokyo, p 1091.

SREEKANTH D., ARUNASREE M., ROY K.R., REDDY T.C., REDDY G.V., REDDANNA P., 2007. Betanin a betacyanin pigment purified from fruits of *Opuntia ficus-indica* induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia Cell line-K562. *Phytomedicine*, 14(11), 739-746.

STEGICH W et STRACK D., 1990. In: Brossi, A. (Ed.), the Alkaloids, Chemistry and Pharmacology Academic press, London, pp. 1-62.

STINTZING F.C., CARLE R., 2004. Fonctional proprieties of anthocuanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in food science & technology*, 15, pp: 19-38.

STINTZING F.C., CARLE R., 2005. Cactus stems (*Opuntia spp.*): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol Nutr Food Res* 49, pp 175-194.

STINTZING F.C., CARLE R., 2007. Betalains emerging prospects for food sscientist. *Tends in food science & technology* 18. pp 514-525.

STINTZING F.C., SCHIEBER A., CARLE R., 1999. Cactus pear a source of pigments and nutritionally important components. *Annals of the 22nd IFU Symposium*, pp: 349-365.

STINTZING F.C., SCHIEBER A., CARLE R., 2001. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *Eur Food Res Technol* 212, pp: 396-407.

STINTZING F.C., SCHIEBER A., CARLE R., 2002. Identification of betalain from yellow beet (*Beta vulgaris L.*) and cactus pear (*Opuntia ficus indica (L) Mille.*) by high performance liquid chromatography electrospray inoiztion mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, pp : 2302-2307.

STRACK D., VOGT T., SCHLIEMAN W., 2003. Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*, 62, pp 247-269.

TAMER MOUSSA-AYOUB E., EL-SAYED ABD EL-HADY A., HELMY OMRAN T., SALAH ELSAMAHY K., LOTHAR K. W., ROHN S., 2014. Influence of cultivar and origin on the flavonol profile of fruits and cladodes from cactus *Opuntia ficus-indica*. *Food Research International*, 64:864–8 72.

TESORIERE L., BUTERA D., ALLEGRA M., FAZZARI M., LIREA M.A., 2005. Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. *J Agric Food Chem* 53, pp: 1266-1270.

TITTA L., TRINEI M., STENDARDO M., BERNIAKOVICH I., PETRONI K., TONELLI C., RISO P., PORRINI M., MINUCCI S., PELICCI P., 2009. Blood orange juice inhibits fat accumulation in mice. *International journal of obesity*, 34(3), 578-588.

VOUTILAINEN S., NURMI T., MURSU J., RISSONEN TH., 2006. Carotenoids and cardiovascular health *American Journal of clinical Nutrition*. 83, pp: 1265-1271.

WALALI D., 1997. Le figuier de barbarie. *Espèce fruitière d'intérêt secondaire cultivée au Maroc*. 35, pp : 1-2.

WANG SW., 2003. Antioxidant capacity of berry crops, Culinary herbs and medicinal herbs. *Asian Plants*. Eds. Jung-Myung Lee and Doglin Zhang. *Acta Hort*, p462-469.

WANG X., FELKER P., BURROW M.D., PATERSON, A.H., 1998. Comparison of RAPD marker patterns to morphological and physiological data in the classification of *Opuntia* accessions. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 3: 3-14.

WOLFRAM R.M., KRITZ H., EFTHIMIOU Y., STOMATOPOULOS J., SINZINGER H., 2002. Effet of prickly pear (*Opuntia robusta*) on glucose and lipid metabolism in non-diabetics with hyperlipidemia a pilot study. *Wien Klin Wochenschr* 20, 840-846.

YAHIA, E.M., MONDRAGON-JACOBO C., 2011. Nutritional components and antioxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia spp.*). *Food Research International*, 44(7), pp : 2311-2318.

YANG C.S., LANDAU J.M., HUANG M.T., NEWMARK H.L., 2001. Inhibition of Carcinogenesis by Dietary Polyphenolic Compounds. *Revue of Nutrition* 21, pp: 381-406.

YASSEEN M.Y., BARRINGER S.A., SPLITTSTOESSER W.E., 1996. A not uses of *Opuntia spp.* In Central/North America. *J Arid Environ*, 32, pp: 347-353.

Références bibliographiques

YEDDES N., CHERIF J.K., GUYOT S., SOTIN H., AYADI T., 2013. Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of peel and pulp of three Tunisian *Opuntia ficus-indica* forms, open access antioxidants journal, N°2, pp : 37-51.

Annexes

Préparation des solutions :

➤ **Liqueur de Fehling A**

- ✓ 40 g Sulfate de cuivre
- ✓ 2 ml d'acide sulfurique pur
- ✓ 1000ml d'eau distillée

➤ **Liqueur Fehling B**

- ✓ 200g Tartrate de sodium et de potassium
- ✓ 150 g de NAOH pure
- ✓ 1000 ml d'eau distillée

➤ **Bleu de méthylène**

- ✓ 2 g de bleu de méthylène
- ✓ 1000 ml d'eau distillée

➤ **Solution d'acétate de plomb (5%)**

- ✓ 5 g d'acétate de plomb
- ✓ 100 ml d'eau distille

➤ **Filtrat (1)**

- ✓ 20 ml de l'échantillon
- ✓ 5 ml d'acétate de plomb (5%)
- ✓ Ajuster a 100 ml avec l'eau distillé
- ✓ Filtrer le mélange.

➤ **Filtrats (2)**

- ✓ Prélever 20ml de filtrat (1)
- ✓ Ajouter 5 ml d' HCL concentré
- ✓ Porter au bain marie a $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 5 minutes
- ✓ Neutraliser avec du NAOH a 10 N
- ✓ En présence de phénolphtaléine a 2 %
- ✓ Jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persistant

➤ **Chlorure ferrique à 0.1%**

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

➤ **Tampon phosphate (0.01M, pH 6)**

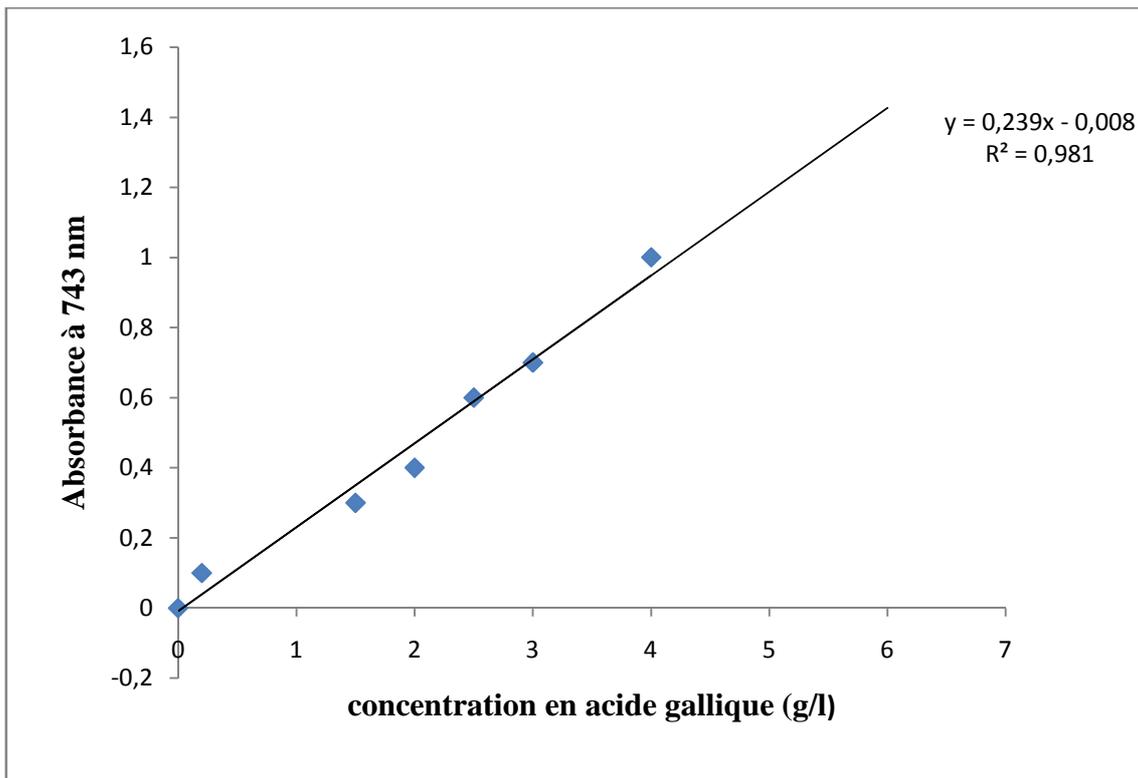
- ✓ 87.8ml de la solution (1) + 12.3 ml de la solution (2) et complété à 200 ml avec de l'eau distillé, puis contrôler le pH par papier indicateur pour arriver à pH=6.
- ✓ Ajouter la solution (2) pour augmenter le pH.
- ✓ La solution (1) pour baisser le pH.

• **Solution (1) Phosphate di-sodique 0.2 M**

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

• **Solution (2) Phosphate mono-sodique 0.2 M**

- ✓ 27.8g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- ✓ 1000ml Eau distillé



Courbe d'étalonnage des polyphénols

Paramètres	Effectif	Valeur observée (ddl = 4)	P-value associée	Valeur critique (ddl = 4)
Le pH	3	338,00	0,00	4,27
L'Acidité titrable	3	-182,48	0,00	4,27
Pulposité	3	38,59	1,35E-06	4,27
Taux de cendres	3	0,74	0,25	4,27
Sucres totaux	3	-3,25	0,02	4,27
Sucres réducteurs	3	4,56	5,16E-03	4,27
Saccharose	3	-4,63	4,92E-03	4,27
Teneur en eau	3	-0,92	0,20	4,27
Matière sèche	3	0,92	0,21	4,27
La vitamine C	3	-47,12	0,00	4,27
Indice de formol	3	-111,45	0,00	4,27
Les caroténoïdes	3	-0,06	0,48	4,27
Les composés phénoliques	3	-10,18	2,62E-04	4,27

*La P-value est comparée au seuil de signification : $\alpha/2=0,03$.

Tableaux N° XXV : Test *t* de Student des différents paramètres physicochimiques de pulpe de figue de barbarie et de l'orange sanguine.

✚ Matériels et Appareils utilisés au cours de l'expérimentation :

Spectrophotomètre (MD-2000UV)



Centrifugeuse SIGMA 2-16 pk



Réfractomètre



pH-mètre (inoLab)



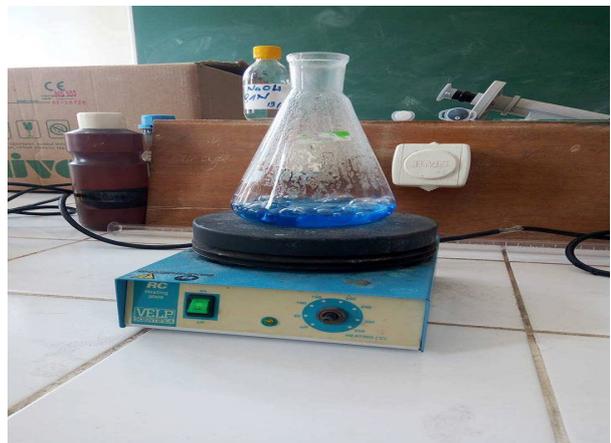
Balance de précision



Four à moufle (Nabertherm)



Plaque chauffante (VELP)



Dessicateur



L'étuve (BINDER)



Agitateur-vibreux TK3S (KARTELL)

