

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de fin de cycle

En vue d'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Thème

La figue : Substances bioactives et effets thérapeutiques

Présenté par :

MADAOUI Karima
YAICHE Ilham

Membre de jury :

Président : M^r KATI D.E.
Promoteur : M^r BACHIR BEY M.
Examineurs : M^{lle} ZEMOURI S.
M^r CHIKHOUNE A.

Année universitaire : 2012-2013

Remerciement

A l'issue de ce travail, on tient tout d'abord à remercier Allah le tout puissant de nous avoir donnés le courage, la patience et la santé pour achever ce travail.

Nos sincères remerciements vont à notre promoteur M^rBACHIR BEY pour ses conseils précieux, pour ses orientations et pour sa gentillesse.

On remercie vivement le président du jury M^r KATI de nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Nous tenons également à remercier M^{lle} ZEMOURI et M^r CHIKHOUNE d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Enfin, nous remercions profondément toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

En signe de respect et de reconnaissance

Je dédie ce modeste travail :

Tout d'abord et avant tout à deux êtres les plus chers au monde qui se brûlent pour que leur fille voie la lumière du savoir, qui ont fait beaucoup de sacrifices, qui m'ont élevée, formée, encouragée et soutenue durant toute ma vie, et qui continuent pour assurer ma réussite dans mes études :

*Ma mère **Nouara** et mon père **Akli** ceux qui j'ai tant aimés avec beaucoup d'affection et je suis très fière de les avoir et tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je leur porte. Que dieu vous protège, une langue vie inshallah.*

*A mes chers frères **Karim, Mohamed, Amirouche***

*A mon cher petit frère **Lamine***

*A mes chères sœurs surtout ma cadette **Akila***

*A ma binôme **Ilham** et sa famille*

*A mes chères amies **Karima, lamia et Lynda***

*A mes copines de chambre **Assia, Lynda et Sonia***

A toute personne qui m'a connue et aidée

A toute la promotion 5^{ème} année CQA 2012-2013.



Karim



Dédicaces

A mes chers parents

A mon cher mari et sa famille

*A mes chères sœurs **Amel** et **Habiba***

*A mes chers frères **A.El Hak**, **Lahcen** et **A. Arrahim***

*A mon beau-frère **Ridha***

*A mon adorable nièce **Mona***

*A mon oncle **Ismail** et sa femme **Khadija***

*A ma chère voisine **Mariam***

*A ma collègue **Karima** et sa famille*

*A ma cousine **Rebiha***

*A ma chère amie **Amel LOUNIS***

A toute la famille



Ilham

Liste des abréviations

C3R	cyanidine-3-rhamnoglucoside
Cyan-3-glu	cyanidine-3-glucoside
DSA	direction des statistiques agricoles
EAG	équivalent en acide gallique
EC	équivalent en catéchine
EQ	équivalent en quercétine
EβC	équivalent en β -caroténoïde
GS\cdot	radical glutathion
GSH	glutathion
GSSG	glutathion réduit
LD₅₀	dose létale à 50
LH	lipide
LOO\cdot	radical de peroxyde lipidique
LOOH	peroxyde lipidique
MF	matière fraîche
MS	matière sèche
NADP⁺	nicotinamide adénine dinucléotide phosphate oxydé
NADPH	nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduit
Vitamine C\cdot	radical de vitamine C
α Toc-O\cdot	radical de α -tocophérol
α-toc	α -tocophérol

Liste des figures

Figure 1 : Photographie d'un figuier (El Asri et al., 2008).	3
Figure 2 : Photographie des feuilles de figuier avec le fruit (Bachi, 2012).	4
Figure 3 : Coupe transversale d'une figue (Deborah et Stéphanie, 2008).	5
Figure 4 : Figues à maturité optimale destinées au séchage (Ouaouich et Chimi, 2005).	10
Figure 5 : Photographie des figues séchées au soleil (Ouaouich et Chimi, 2005).	11
Figure 6 : Photographie d'un séchoir hybride (Ouaouich et Chimi, 2005).	14
Figure 7 : Photographie de figues sèches (Ouaouich et Chimi, 2005).	15
Figure 8 : Diagramme de séchage des figues (Ouaouich et Chimi, 2005; Jeddi, 2009).	16
Figure 9 : Structure de l'acide hydroxycinnamique (Dalbem Rocha et al., 2012).	19
Figure 10 : Structures chimiques de quelques acides phénoliques.	19
Figure 11 : Structure chimique de la catéchine (Berké et al., 2003)	20
Figure 12 : Structure chimique de la quercitine (Saeed et al., 2013)	20
Figure 13 : Structure chimique de cyanidin-3-glucoside (Chawla et al., 2012)	21
Figure 14 : Structure chimique de cyanidin-3- rhamnoglucoside (C3R) (Solomon et al., 2006).	22
Figure 15 : Structure chimique de la lutéine (Chawla et al., 2012).	22
Figure 16 : Structure chimique de α -tocophérol (Engin, 2009).	23
Figure 17 : Structure chimique de l'acide ascorbique (Belkheiri, 2010).	24
Figure 18 : Mécanisme d'action des vitamines E et C (Engin, 2009).	24
Figure 19 : Mécanismes d'action des antioxydants (Thiedauld, 1998).	25
Figure 20 : Structure chimique de psoralène (Lansky et al., 2008).	28
Figure 21 : Structure chimique de 6-O-acyl- β -D-glucosyl- β -sitostérols (Chawla et al., 2012).	29

Liste des tableaux

Tableau I : Exigences de culture du figuier (Jeddi, 2009).....	6
Tableau II : Production mondiale de la figue (Tonnes) (FAOSTAT, 2013).	7
Tableau III : Production de la figue dans la wilaya de Bejaïa (Quintaux) (D.S.A., 2013).....	7
Tableau IV : Composition et valeur nutritionnelle de100 g de la figue (Guvenc et al., 2009).....	9
Tableau V : Quelques acides phénoliques présents dans le fruit et les feuilles de <i>Ficus carica</i> (mg/100g) (Pande et Akoh, 2010).	19

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur la figue	2
1. Historique	2
2. Classification	2
2.1. Taxonomie.....	2
2.2. Dénomination en certaines langues du monde	3
3. Caractéristiques	3
4. Variétés de figues	5
5. Exigences et techniques de culture de figuier	5
5.1. Exigences de culture.....	5
5.2. Caprification et pollinisation	6
6. Répartition et production mondiale	6
7. Apport nutritionnel	7
7.1. Sucres	8
7.2. Vitamines.....	8
7.3. Matière grasse.....	8
8. Séchage et conservation	9
8.1. Séchage traditionnel (au soleil)	11
8.2. Séchage moderne.....	12
8.2.1. Réception.....	12
8.2.2. Triage et calibrage	12
8.2.3. Nettoyage/ lavage	13
8.2.4. Blanchiment.....	13
8.2.5. Séchage.....	14
8.2.6. Triage.....	15
8.2.7. Conditionnement	15
Chapitre II: Substances bioactives de la figue	18
1. Composés phénoliques	18
1.1. Acides phénoliques.....	18
1.2. Flavonoïdes	20
1.2.1. Anthocyanines	21
2. Caroténoïdes	22

3. Vitamines	23
3.1. Vitamine E.....	23
3.2. Vitamine C	23
4. Oligoéléments.....	24
Chapitre III : Effets thérapeutiques et usages traditionnels du figuier.....	27
1. Effets thérapeutiques	27
1.1. Activité antipyrétique	27
1.2. Activité anthelminthique	27
1.3. Activité antimicrobienne	28
1.4. Réponse immunitaire.....	28
1.5. Activité anti-inflammatoire	29
1.6. Activité anticancéreuse.....	29
1.7. Activité antispasmodique	30
1.8. Activité hypoglycémique.....	30
1.9. Activité hypolipidimique.....	30
2. Usages traditionnels	31
Conclusion.....	33
Références bibliographiques	35

Introduction

Introduction

Depuis la plus haute antiquité, les hommes se sont soignés avec les plantes qu'ils avaient à leur disposition. En général, le corps humain est bien mieux adapté à un traitement à base des plantes qu'à une thérapeutique exclusivement chimique. Il est habitué à consommer et à digérer différentes espèces végétales qui sont bien souvent appréciées pour leurs qualités aussi bien médicinales que nutritives (Iserin et al., 2001).

La figue est le fruit du figuier commun dit *Ficus carica*, appartient à la famille des moracées (Jeddi, 2009). Elle est consommée généralement sous sa forme fraîche ou après séchage (Faleh et al., 2012 ; Stalin et al., 2012). Cette espèce a évolué à travers les âges d'une plante sauvage à un arbre cultivé. Elle s'adapte à plusieurs conditions pédoclimatiques de culture (Oukabli, 2006 ; Aljane et Ferchichi, 2009). Le fruit de *Ficus carica* a une importance commerciale ; il est utilisé pour la confiture, les boissons, etc. (Babazadeh Darazi, 2011).

Les études antérieures sur la figue ont mis au point la description et les caractéristiques de l'espèce. Récemment beaucoup d'investigations se sont intéressées à la qualité de ce fruit que ça soit nutritionnelles ou pharmacologiques (Guvenc et al., 2009 ; Caliskan et Polat, 2011).

En plus que la figue soit une source importante de glucides, de fibres et de minéraux, elle renferme de nombreuses substances bioactives (vitamines tels que les vitamines C et E, composés phénoliques et caroténoïdes) (Guvenc et al., 2010). Les vertus de *Ficus carica* ne se limitent pas au fruit, mais également, ses différentes parties (les feuilles, des racines et le latex) sont utilisées pour le traitement des différentes maladies (Gilani et al., 2008 ; Stalin et al., 2012).

Ce travail est une synthèse bibliographique sur la figue. Il est scindé en trois parties, la première, est consacrée aux généralités sur la figue ; la deuxième, traite les substances bioactives et la troisième montre les effets thérapeutiques et l'usage traditionnels de la figue.

Chapitre I

Généralités sur la figure

Chapitre I : Généralités sur la figue

1. Historique

Le figuier (*Ficus carica* L.) a évolué à travers les âges d'une plante sauvage à un arbre cultivé très apprécié pour ses valeurs mythiques, religieuses (Laabassi, 2006), elle est citée dans la "Sourat Attine" du Coran (Jeddi, 2009), ses propriétés thérapeutiques et nutritives. La figue a ainsi servi d'édulcorant bien avant que le sucre ne soit connu (Deborah et Stéphanie, 2008).

La figue est présumée à l'origine de l'Asie Occidentale et propagée vers la région méditerranéenne par l'Homme (Starr et al., 2003). *Ficus carica* a un qualificatif générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le lait du figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie (Jeddi, 2009).

La culture des figues dans leur origine d'Anatolie remonte à 3 000 - 2 000 ans avant Jésus Christ (Jeddi, 2009). Les figues étaient apportées à l'Amérique en 1520 par les Espagnols, et en 1769, elles étaient introduites au Californie à partir du Mexique (Crisosto et al., 2010). Aujourd'hui, elle est cultivée dans toutes les régions du monde (Starr et al., 2003).

2. Classification

2.1. Taxonomie

Le figuier (*Ficus carica* L., $2n=26$ chromosomes) appartenant à l'ordre des Urticales (Ghada et al., 2009), la famille des Moracées (Patil et Patil, 2011). Cette dernière comporte plus de 1000 espèces (Starr et al., 2003) classées dans 40 genres (Ghada et al., 2009). Du point de vue systématique, la taxonomie du figuier rapportée par Chawla et al. (2012) est la suivante :

Règne	Végétal
Super-embranchement	Spermatophyte
Embranchement	Phanérogames
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Hamamélidées
Ordre	Urticales
Famille	Moracées
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Ficus carica</i>

2.2. Dénomination en certaines langues du monde

Anglais	fig, edible fig (Starr et al., 2003).
Allemande	fiege (Imran et al., 2011).
Arabe	attine (Oukabli, 2003).
Espagnol	higo (Imran et al., 2011).
Français	figue (Imran et al., 2011).
Hindi	anjir (Imran et al., 2011).

3. Caractéristiques

Arbre de *Ficus carica* L. est habituellement d'une taille 15 à 20 pieds, avec nombreuses branches du déploiement (figure1) et un tronc d'un diamètre de plus de 7 pieds (Chawla et al., 2012). Les rameaux étant rigides, s'entrecroisent mais s'éloignent au fur et à mesure que l'arbre s'agrandit. Le bois de figuier est fragile et se casse rapidement et le tronc porte souvent de grands nœuds (Joseph et Justin Raj, 2011). L'écorce est légèrement rugueuse (Starr et al., 2003) dont sa couleur varie de grisâtre au vermeil (Patil et Patil, 2011).



Figure 1 : Photographie d'un figuier (El Asri et al., 2008).

Les feuilles du figuier (figure 2) sont caduques (Starr et al., 2003), vertes, alternées, palmés, inodores avec goût légèrement amer (Chawla et al., 2012), larges, elles sont de 7 à 9 cm de longueur et de 4 à 6 cm de largeur, ovales ou orbiculaire (Patil et Patil, 2011), ayant habituellement 3 à 5 lobes (Joseph et Justin Raj, 2011). La face supérieure est rugueuse et la face inférieure pubescentes, doté de nervures qui apportent de la sève brute et reçoivent de la

sève élaboré (Chawla et al., 2012). Les stipules ont 1 à 1,2cm ; le pétiole de 8 à 20 cm (Starr et al., 2003).



Figure 2 : Photographie des feuilles de figuier avec le fruit (Bachi, 2012).

Les racines du figuier sont généralement traçantes (Oukabli, 2003), non adventives (Starr et al., 2003) en couvrant presque 50 pieds de terre, mais dans un sol perméable quelques racines peuvent s'allonger à 20 pieds verticalement (Chawla et al., 2012).

Les fleurs minuscule de la figue sont cachées, rassemblées à l'intérieur des fruits (Joseph et Justin Raj, 2011), l'inflorescence est sous forme d'une poire, ayant un réceptacle charnu (Chawla et al., 2012) qui porte le stigmate et le pistil fleurit à l'intérieure (Patil et Patil, 2011). Les insectes pollinisateurs entrent dans les fleurs à travers une ouverture appelée l'ostiole (Chawla et al., 2012). Lorsque la fécondation se fait, le réceptacle gonfle et les fleurs deviennent des petites graines qui forment le fruit (Deborah et Stéphanie, 2008).

Le fruit est axillaire, habituellement, ayant une forme identique (Patil et Patil, 2011) qui ressemble à une poire (Chawla et al., 2012) dont le poids varie de 30 à 65 g (Ouaouich et Chimi, 2005), avec des tailles et des couleurs variables. La figue est composée d'une peau externe pigmentée (verte pur, marron, pourpre ou noire) (Chawla et al., 2012). La face interne de la peau est blanche et contient de nombreux akènes (en nombre de 30 à 1600 par fruit) attachés à la chair gélatineuse (figure 3) (Joseph et Justin Raj, 2011).

La figue n'est pas un vrai fruit (Deborah et Stéphanie, 2008), ce sont les akènes qui le sont (Chawla et al., 2012) et après leur pollinisation ils donnent le goût de noisette pour la figue sèche (Joseph et Justin Raj, 2011).

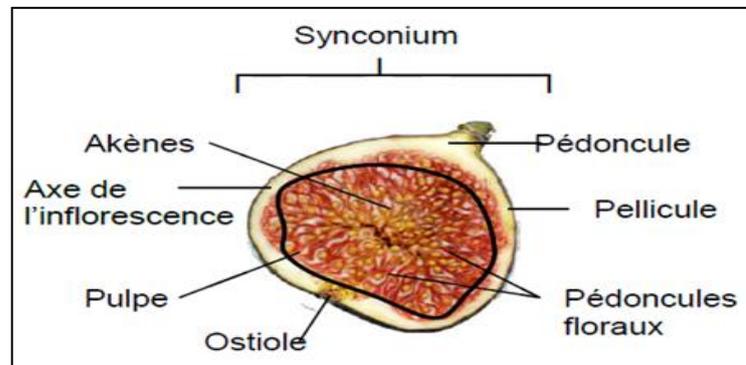


Figure 3 : Coupe transversale d'une figue (Deborah et Stéphanie, 2008).

4. Variétés de figues

Les travaux de recherche sur le figuier montrent qu'il existe une grande diversité variétale et des homonymies et /ou des synonymies qui ont généré une situation extrêmement confuse dans la nomenclature de variétés de figue (El Khaloui, 2010). L'identification des variétés de la figue se base généralement sur les caractéristiques physiques et les paramètres de qualité (Babazadeh Darazi, 2011).

Les variétés cultivées peuvent être bifères ou unifères. Les bifères donnent deux récoltes par an : en Juin, c'est la récolte des figues fleurs (backour) qui dure environ deux semaines. Les fruits sont portés sur les rameaux de l'année précédente. Ensuite arrive la récolte des figues qui s'étale du mois d'Août à Octobre selon les régions et les variétés. Les fruits sont sur le rameau de l'année en cours (El Khaloui, 2010).

5. Exigences et techniques de culture de figuier

5.1. Exigences de culture

La culture de figue est largement propagée et adaptée aux différents climat et divers sols (Faleh, 2012) arides et semi-arides (Karimi et al., 2012). Il résiste bien à la chaleur et sous le climat froid. Il ne tolère pas l'ombre (tableau I) (Jeddi, 2009).

Tableau I : Exigences de culture du figuier (Jeddi, 2009).

Besoins en eau	Températures	Type de sol
Besoins annuels 600mm bien répartie.	Jeunes pousses > - 1° C	<ul style="list-style-type: none"> - Large gamme : sols lourds argileux aux sols sableux pH de 6 à 7,7 - Préférence : sols limono-argileux - Craint : les fortes concentrations en sodium et en bore
	Arbre adulte > - 12 °C	
	Fruits : Optimum : 32 à 37 °C, mais <43°C	

5.2. Caprification et pollinisation

Le figuier est une espèce dioïque avec un arbre mâle (caprifigier) et un arbre femelle (figuier commun) qui porte des figues différentes par leur fonction. Le premier assure la fourniture du pollen et l'accomplissement du cycle de l'insecte pollinisateur et le deuxième assure la production des figues comestibles (Kjellberg et al., 1983 ; Harryet al., 1994 ; Oukabli, 2003). Ces dernières peuvent être des figues fleurs qui se développent par parthénocarpie (sans pollinisation) ou des figues d'automne qui nécessitent la pollinisation (Oukabli, 2003). Cette dernière est assurée par un blastophage (Mamouni, 2002), dit *Blastophaga psenses* (Starr et al., 2003). Pour cela, des caprifigiers sont plantés aux alentours des arbres femelles ou en accrochant des mammes sur ces derniers, ce qu'on appelle la caprification (Mamouni, 2002).

Le blastophage se produit exclusivement dans les figues de caprifigier (Kjellberg et al., 1983). La femelle adulte de cet insecte quitte les mammes (figue du caprifigier) chargée de pollen et recherche une figue réceptive pour déposer ses œufs (Oukabli, 2003). Une fois que les femelles rencontrent une figue réceptive pour déposer ses œufs, elle effectue la pollinisation des fleurs de la figue (Mamouni, 2002).

6. Répartition et production mondiale

Le figuier (*Ficus carica*) est l'une des espèces particulières de *Ficus* qui propage à l'état sauvage dans les pays tropicaux et subtropicaux (Patil et Patil, 2011), en particulier, à travers la plupart des régions méditerranéennes (Starr et al., 2003 ; Guvenc, 2009). Il est aussi cultivé pour des raisons commerciales dans certaines régions d'Amérique et du Chili, et d'une manière moins importante, en Inde, en Chine et au Japon (Patil et Patil, 2011). Les producteurs majeurs de la figue sont la Turquie, l'Égypte, l'Algérie, le Maroc, l'Espagne, la

Grèce, la Californie, l'Italie, le Brésil, Australie (Starr et al., 2003 ; Dolgun et Tekintas, 2008; Martinez-Garcia et al., 2013).

Les figues sont récoltées dans le monde entier sur 419.000 ha (Crisosto et al., 2010) avec une production annuelle de plus de 1 million de tonnes (Jeddi, 2009 ; Crisosto et al., 2010 ; Martinez-Garcia et al., 2013).

Les cinq pays plus grands producteurs de figue représentent plus de 60 % de la récolte totale (Jeddi, 2009), dont le producteur majeur est la Turquie (Martinez-Garcia et al., 2013) avec 23,86% de la production mondiale en 2011 (FAOSTAT, 2013), voir le tableau ci-dessous.

Tableau II : Production mondiale de la figue (Tonnes) (FAOSTAT, 2013).

Pays \ Année	2008	2009	2010	2011
Turquie	205067	244351	254838	260508
Egypte	304110	286682	184972	165483
Algérie	78735	83801	123760	150000
Iran	76414	76414	76414	75927
Maroc	69723	70000	74301	74371
Total	1115383	1145508	1081482	1091813

L'Algérie est classé troisième avec 13,74% de production mondiale (FAOSTAT, 2013) et dont 19,58% produite à Bejaïa (tableau III) sur une superficie de 11271,5 ha avec un nombre de figuier environs 1029474 arbres (D.S.A. Bejaïa, 2013).

Tableau III : Production de la figue dans la wilaya de Bejaïa (Quintaux) (D.S.A., 2013).

Compagne agricole	Consommation à l'état frais	Soumise au séchage	Figues sèches
2005-2006	116600	58000	23200
2006-2007	79102	45828	19234
2007-2008	104523	56411	26370
2008-2009	142602	30310	13590
2009-2010	159082	163735	65906
2010-2011	181310	138690	45430
2011-2012	250580	43113	18688

7. Apport nutritionnel

La figue est un aliment très nutritif (Joseph et Justin Raj, 2011), peut se consommer fraîche ou sèche (Faleh, 2012). Elle est non seulement un fruit fibreux (Guvenc et al., 2009), mais aussi une source importante des vitamines, des acides aminés et des antioxydants (Crisosto et al., 2010). Ce fruit est une bonne source pour les flavonoïdes, polyphénols et

certaines composés bioactifs tels que l'arabinose, β -amyrines, β -carotènes, glycosides, β -sitostérols et xanthotoxol. Les figues sèches sont riches en fibre, cuivre, manganèse, magnésium, potassium, calcium et vitamine K (Joseph et Justin Raj, 2011), voir le tableau IV.

7.1. Sucres

A l'état frais, le taux total de sucre varie de 9.8 à 18.9% (Babazadeh Darazi, 2011). Après séchage, les sucres dépassent les 55% (El Khaloui, 2010). La figue contient principalement l'arabinose, la xylose, le galactose, le glucose (Omondi Owino, 2004) et le fructose (Gozlekci, 2011), sachant que ces deux derniers sont les plus dominants avec des concentrations d'environ de 43% et 56%, respectivement (Caliskan et Polat, 2011). La différence de teneur en sucres dépend de la culture, de la maturité, des conditions de stockage, mais également peut changer d'une année à une autre (Gozlekci, 2011).

7.2. Vitamines

Les figues sont riches en vitamines hydrosolubles B1, B2 et C et des vitamines liposolubles comme la vitamine A (Farahnaky et al., 2009), vitamine D2, vitamine D3, vitamine K₁ et α -Tocophérol ainsi que γ -Tocophérol, δ -Tocophérol et acétate de α -Tocophérol. Le taux de ces vitamines varie entre les différentes parties du fruit. L'écorce et la partie blanche du fruit contiennent un taux élevé de γ -Tocophérol. Tandis que, δ -Tocophérol se trouve dans toutes les parties du fruit à des quantités différentes, elle est légèrement élevée dans la peau (Guvenc et al., 2009).

Les vitamines D2, D3 et l'acétate de α -Tocophérol se trouvent dans toutes les parties mais la partie blanche contient le taux le plus élevé de vitamine D2, bien que la quantité la plus élevée de la vitamine D3 et l'acétate de α -Tocophérol se trouve dans la chair. Le α -Tocophérol se répartit uniformément dans toute les parties (Guvenc et al., 2009).

7.3. Matière grasse

La figue contient une faible quantité en lipides, environ 1,9% (Kolesnik et al., 1987 ; El Khaloui, 2010). Malgré leur faible teneur, les lipides ont une influence fondamentale sur la durée de stockage, les propriétés organoleptiques et la valeur nutritionnelle et biologique. Les lipides de *Ficus carica* sont caractérisés par un taux élevé d'insaturation (>68%) des acides gras monovalents, dont la majorité sont polyinsaturés et qui dans certains cas peuvent expliquer la responsabilité de la détérioration oxydative de la figue et ses dérivés (Kolesnik et al., 1987).

Les lipides neutres représentent la plus grande fraction des lipides totaux, Leur composé le prédominant est le tri-acylglycérol avec un taux de 50% ; les esters de stérol, les esters d'acide gras et des stérols libres sont aussi présents avec une quantité considérable. Les phospholipides ne représentent qu'une petite fraction (Kolesnik et al., 1987).

La figue contient des taux élevés en acides gras non essentiels tels que l'acide palmitique (16:0), l'acide oléique (18:1 ω 9), l'acide stéarique (18:0) qui sont présents dans la chair et des acides gras essentiels tels que l'acide linoléique (18:3 ω 3) et l'acide linoléique (18:2 ω 6). Ce dernier est particulièrement présent dans l'écorce (Guvenc et al., 2009).

Tableau IV : Composition et valeur nutritionnelle de 100 g de la figue (Guvenc et al., 2009).

Valeur nutritionnel		Fraiche	Sèche	
Calories		80	274	
Macroélément	Eau	77,5- 86,8 g	23,0 g	
	Protéines	1,2-1,3g	4,3g	
	Matière grasse	0,14-0,30g	1,3g	
	Glucides	17,1-20,3g	69,1g	
	Fibres	1,2-2,2g	5,6g	
Micro-éléments	Oligoéléments	Cendres	0,48-0,85g	2,3g
		Calcium	35-78,2mg	126mg
		Phosphore	22-32,9mg	77mg
		Fer	0,6 – 4,09 mg	3,0mg
		Sodium	2,0 mg	34mg
	Vitamines	Potassium	194 mg	640mg
		Provitamine A	20-270 IU	80 IU
		Thiamine (vit B ₁)	0,034-0,06mg	0,10mg
		Riboflavine (vit B ₂)	0,053mg	0,10mg
		Acide nicotinique (vit B ₇)	0,32-0,412mg	0,7mg
	Acide ascorbique	12,2-17,6 mg	0	
Acide citrique		0,10-0,44 mg	-----	

8. Séchage et conservation

La figue est consommée fraîche en été (Guvenc et al., 2009), elle est très fragile et rapidement périssable à la température ambiante (El Khaloui, 2010). La durée de conservation de ce fruit à 25°C est de 24 heures, et de l'ordre d'une semaine en chambre froide, à la température de 4 à 5°C. Les variétés à peau noire et violette sont consommées fraîches, alors que les variétés à peau verte sont le plus souvent séchées. Le fruit dont la teneur en sucres est supérieure à 20 % se conserve beaucoup mieux en chambre froide (Ouaouich et Chimi, 2005).

La figue est très sensible à la croissance microbienne même à basse température de stockage ; par conséquent, il est important d'étudier les conditions de stockage afin d'allonger

sa durée (Martinez-Garcia et al., 2013), c'est pourquoi elles sont surtout séchées ou mises en conserve (Deborah et Stéphanie, 2008).

Le séchage des produits agricoles est une méthode de conservation naturelle en réduisant le taux d'humidité (Babalys et al., 2006), prolongeant ainsi la durée du stockage (Ouaouich et Chimi, 2005). Le séchage permet aussi de valoriser la production en absorbant la surproduction (Mamouni, 2002).

Les figues peuvent être séchées par des moyens traditionnels ou en utilisant des dessiccateurs mécaniques utilisant l'air chaud (Babalys et al., 2006). Le séchage permet d'une part de réduire le poids et le volume de la figue, aussi bien que l'emballage et le coût de la livraison, l'activité microbienne et les modifications chimiques durant le stockage (Martinez-Garcia et al., 2013) et d'autre part, il augmente la concentration des polyphénols totaux et par conséquent l'activité antioxydante mais, diminue la concentration en anthocyanines (Martinez-Garcia et al., 2013).

La figue destinée au séchage reste sur l'arbre jusqu'à un stade de maturité avancé (Mamouni, 2002), voir la figure 4. Elles sont récoltées sur l'arbre en temps frais (El Khaloui, 2010), elles se détachent alors facilement de l'arbre avec leurs pédoncules (Mamouni, 2002), ou sont ramassées sur le sol après la chute naturelle des fruits (Gamero, 2002). Dans les deux cas, les figues ont une humidité de 40 à 60% (El Khaloui, 2010). Elle devient assouplie et la peau commence à se rider et à changer de couleur par perte d'eau.



Figure 4 : Figes à maturité optimale destinées au séchage (Ouaouich et Chimi, 2005).

Seules les figes pollinisées se prêtent au séchage d'où l'intérêt de la caprification (Mamouni, 2002 ; Oukabli, 2003) dont les plus recommandées pour le séchage sont les figes à peau fine (Gamero, 2002), alors que, les figes fleurs et les figes d'automne sont des variétés destinées uniquement à la consommation à l'état frais (Mamouni, 2002).

Après séchage, Les figues colorées conservent leur couleur (Mamouni, 2002), quant aux figues verdâtres, elles deviennent blanches (Mamouni, 2002 ; Oukabli, 2002). Ces dernières sont les plus appréciées par les consommateurs (Gamero, 2002).

8.1. Séchage traditionnel (au soleil)

Le séchage au soleil est une méthode de conservation traditionnelle (Sen et al., 2010 ; Faleh et al., 2012) utilisée pour obtenir les figues sèches sans dépense financière et avec des équipements simples. Cette méthode permet d'obtenir des figues avec un bon goût et une bonne consistance (Faleh et al., 2012).

Dans les régions où les conditions climatiques sont adéquates (Sen et al., 2010), les figues sont étalées en monocouche sous le soleil (El Khaloui, 2010) à l'air libre (figure 5) (Oukabli, 2002), sur le sol en terre battue, sur les terrasses (Jeddi, 2009), les toits des constructions (El Khaloui, 2010) ou sur des nattes ou des claies de roseaux et il convient de les recouvrir pendant la nuit pour éviter les parasites et l'humidité en déplaçant et en retirant celles dont le séchage est suffisamment avancée pour qu'il se termine à l'ombre et dans un endroit bien aéré (Gamero, 2002).

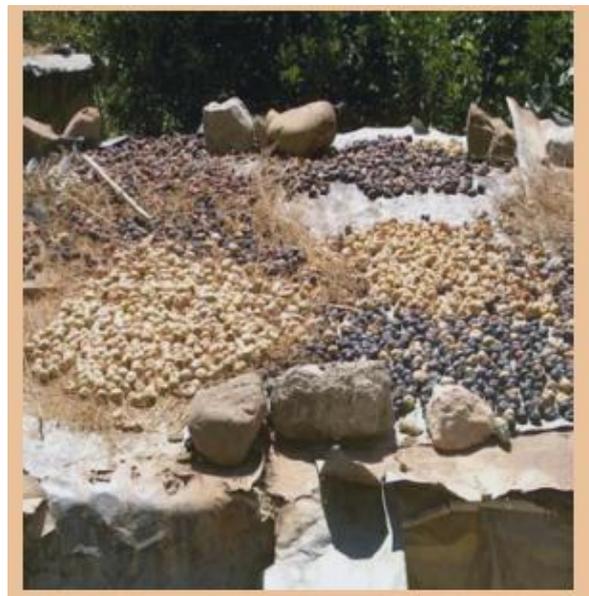


Figure 5 : Photographie des figues séchées au soleil (Ouaouich et Chimi, 2005).

Une variante de ce séchage naturel consiste à les échauder dans de l'eau bouillante à 5% de sel pendant 45 secondes et ensuite à procéder comme décrit précédemment (Gamero, 2002).

Le séchage est considéré terminé lorsque le fruit est bien souple, Les pulpes doivent être fines et à consistance mielleuse et le fruit doit garder sa forme lorsqu'on le met sous une pression entre le pouce et l'index (Gamero, 2002 ; El Khaloui, 2010).

Cependant, le séchage au soleil expose les fruits aux oiseaux, insectes, poussière et pluies et allonge la période de séchage (3 à 6 jours) et il ne permet aucune maîtrise des paramètres de séchage. En conséquence la qualité du produit est très mauvaise sur les plans hygiénique et nutritif (Jeddi, 2009 ; El Khaloui, 2010).

8.2. Séchage moderne

Aujourd'hui une quantité importante de la production des figues est séchée, en se basant sur des techniques modernes, par des systèmes de séchage mécaniques à l'air chaud (Babalis et al., 2006). La cinétique de séchage de convecteur dépend de plusieurs facteurs, tels que la taille, la composition de la figue et les propriétés thermodynamiques de l'air de séchage (la température, l'humidité et la vitesse de flux d'aire) (Martinez-Garcia et al., 2013). Les étapes de séchage (Figure 8) sont les suivantes :

8.2.1. Réception

A la réception, les figues doivent être pesées. Afin de s'assurer de la qualité des fruits réceptionnés on doit procéder à l'identification des variétés des figues. Le pourcentage de la matière étrangère et des fruits abîmés et contaminés donne une idée sur l'état de la matière première (Ouaouich et Chimi, 2005).

8.2.2. Triage et calibrage

Le triage a pour but d'éliminer les fruits dont la peau est abîmée ou fendue. A l'unité de séchage, le triage est fait manuellement sur tapis d'inspection. Ce type de triage permet de supprimer tous les fruits impropres à la consommation, peu mûrs, abîmés, trop gros or trop petits (Ouaouich et Chimi, 2005).

Le calibrage consiste à obtenir des fruits de même calibre (même volume, même densité) pour leur assurer un comportement uniforme durant le processus de séchage et de coupler à la qualité du produit fini une homogénéité pour sa présentation. A partir d'un lot d'une même variété on classe les fruits en différents calibres ou grosseur sur la base du diamètre équatorial ou volume. Ce calibrage peut se faire à la main ou à l'aide d'un calibre industriel mais pour les figues il n'existe pas de calibre industriel réglementé (Ouaouich et Chimi, 2005).

8.2.3. Nettoyage/ lavage

Avant tout traitement ou séchage, la matière première est soumise à un nettoyage et lavage pour éliminer les fruits contaminés et toute souillure et matière étrangère. Cette étape permet de diminuer le temps de séchage et d'exploiter dans des meilleures conditions la capacité du séchoir (Ouaouich et Chimi, 2005).

8.2.4. Blanchiment

Le blanchiment préliminaire a pour but de nettoyer la peau en éliminant la poussière qui souvent la recouvre, les traces de latex qui rendent le fruit collant et il rend aussi la peau plus perméable, ce qui facilite le séchage. Il est obtenu par arrosage pendant 20 à 30 secondes avec de l'eau sodée (1 % de soude) chauffée à 80°C sur tapis grillagé en inox. Cet arrosage est suivi d'un rinçage par aspersion d'eau chaude légèrement acidulée avec de l'acide citrique pour éliminer toute trace de soude. Les figes doivent être, autant que possible, positionnée «queue en haut» sur le tapis pour éviter que la soude ne pénètre dans le fruit par l'ostiole (Ouaouich et Chimi, 2005).

Le blanchiment peut se faire aussi par trempage des figes dans de l'eau bouillante ou une solution bouillante de chlorure de sodium à raison de 40 g de NaCl / L et de méta bisulfite de potassium de concentration 5g/L. Les figes placées dans un panier seront plongées 8 à 10 fois successivement pendant 50 à 60 secondes (Ouaouich et Chimi, 2005)

L'addition du sel de méta bisulfites de potassium permet de garder aux fruits séchés (et au cours du séchage) la qualité organoleptique (notamment la couleur et l'arôme) et nutritionnelle. Le trempage dans des solutions de bisulfite (HSO_3^-), sulfites (SO_3^-) ou méta bisulfite (S_2O_5^-) permet d'obtenir les résultats suivants (Ouaouich et Chimi, 2005) :

- Diminution des pertes en sucre ;
- Nettoyage des figes encore sales ;
- Destruction de parasites ;
- Craquelure de la peau des figes, permettant un rendement de séchage élevé ;
- Réduction du brunissement enzymatique ;
- Réduction du brunissement non enzymatique ;
- Elimination de la prolifération microbienne ;
- Réduction des détériorations de vitamines C et A.

8.2.5. Séchage

Le séchage est réalisé dans des séchoirs mécaniques dans une enceinte fermée, permettant de maîtriser les paramètres de séchage, d'optimiser l'énergie et d'assurer au produit les normes d'innocuité et de qualité requises (Ouaouich et Chimi, 2005 ; Jeddi, 2009 ; El Khaloui, 2010). Il consiste à utiliser principalement l'énergie solaire indirecte, des chaudières fonctionnant avec un carburant ou des séchoirs hybrides (figure 6) (El Khaloui, 2010). Selon Ouaouich et Chimi (2005), Ce dernier possède plusieurs avantages dont les plus importants sont :

- Le produit est séché indirectement avec de l'air ventilé ce qui évite la dégradation de ses ingrédients sensibles aux photons ;
- Très bonne qualité finale du produit séché ;
- Le séchoir utilise l'énergie de soleil le jour et du fuel la nuit ce qui évite la réhydratation du produit pendant la nuit ;
- Faible coût d'installation ;
- Facilité de construction.



Figure 6 : Photographie d'un séchoir hybride (Ouaouich et Chimi, 2005).

Immédiatement après l'opération de trempage, les figes sont étalées en monocouche sur des claies qu'on superpose dans l'enceinte du séchoir (El Khaloui, 2010). Un système de ventilation alimenté par des cellules solaires permet de propulser l'air chaud dans les différentes parties du séchoir (Ouaouich et Chimi, 2005 ; El Khaloui, 2010). Le coefficient efficace de la diffusion d'humidité des figes augmente avec la température de l'air (Martinez-Garcia et al., 2013). La température de séchage est fixée entre 60 et 65°C (El Khaloui, 2010), mais la première phase du séchage doit se faire à des températures inférieures à 45°C (Gamero, 2002). Les claies sont de temps en temps retirées et retournées pour

améliorer les conditions de séchage. L'opération dure environ 3 heures, après quoi les figues acquièrent la couleur jaune dorée désirée (figure 7). Toutes les larves sont également tuées lors de cette opération (El Khaloui, 2010).

8.2.6. Triage

Après séchage, l'opération de triage des figues se fait au niveau de l'air de séchage. Celles qui sont abîmées ou de moindre qualité sont destinées à l'alimentation des animaux (El Khaloui, 2010).



Figure 7 : Photographie de figues sèches (Ouaouich et Chimi, 2005).

8.2.7. Conditionnement

Une fois séchées et refroidies, les claies doivent être retirées du séchoir une à une (Faleh, 2012) et les figues subissent un contrôle, un triage et une élimination des fruits grillés et très secs (Jeddi, 2009). Après pesage, les figes séchées sont mises dans des emballages alimentaires à base de polyéthylène ou de polyvinyle (Ouaouich et Chimi, 2005 ; Jeddi, 2009), des pellicules cellulosiques (cellophane), ou des emballages en papier et carton (Ouaouich et Chimi, 2005).

Les fruits secs sont définis comme étant des produits stables pendant leur durée de conservation et ça est dû à la diminution de l'activité de l'eau mais les problèmes provenant de l'infestation des parasites de stockage ou de la croissance microbienne et par conséquent, la formation fréquente de mycotoxines (Sen et al., 2010) ce qui exige la maîtrise des conditions de stockage, la température de conservation est le paramètre essentiel à contrôler si l'on veut maintenir un état sanitaire satisfaisant (Ouaouich et Chimi, 2005).

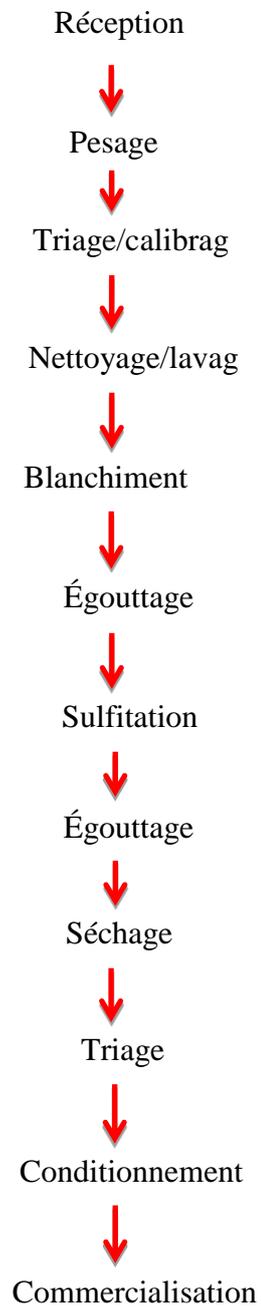


Figure 8 : Diagramme de séchage des figes (Ouaouich et Chimi, 2005; Jeddi, 2009).

Chapitre II

Substances bioactives

Chapitre II: Substances bioactives de la figue

1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires communes des plantes (Caliskan et Polat, 2011) ayant dans leurs structures un noyau aromatique contenant un ou plusieurs substituants hydroxyles (Bossokpi, 2002 ; Nkhili, 2009). Ils représentent un constituant important de qualité du fruit en raison de leur contribution au goût, couleur,... (Veberic et al., 2008).

L'activité antioxydante des composés phénoliques est basée sur le pouvoir de piéger les radicaux libres (Caliskan et Polat, 2011), chélation des ions des métaux pro-oxydants et inhiber certaines enzymes (Siricha et al., 2010).

Les figues représentent une très bonne source des composés phénoliques (59.0 mg EAG/100 g MF) (Marinova et al., 2005 ; Vallejo et al., 2012). Leur taux se diffère habituellement non seulement selon la variété (56-281,1 mg EAG/100g MS pour les variétés sombres et de 48,6-50 mg EAG/100g MS pour les variétés claires), mais aussi d'une partie à une autre du même fruit (Solomon et al., 2006 ; Veberic et al., 2008). En outre, *Ficus carica* est souvent préparé par épluchage (Caliskan et Polat, 2011) alors que la peau contient une quantité plus élevée des polyphénols (123-463mg de EAG/100g MS (variétés sombres) et 41,7-65,5mg EAG/100g (variétés claire)) par rapport à la chaire. Cette dernière, contient un taux compris entre 36,5-100,6mg EAG/100g MS pour les variétés sombres et 37-59,1mg EAG/100g pour les variétés claires (Solomon et al., 2006 ; Siricha et al., 2010).

Les polyphénols sont des composés très diversifiés et peuvent être classés en nombreuses classes et sous-classes : les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes, les tannins etc. (Curtay et Robin, 2000 ; Siricha et al., 2010).

1.1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des dérivés de l'acide hydroxycinnamique (figure 9) (Caliskan et Polat, 2011), ou de l'acide hydroxybenzoïque (Nkhili, 2009). Ce sont parmi les composés phénoliques les prédominants dans la figue et se concentrent principalement dans la peau (Caliskan et Polat, 2011). L'acide gallique (figure 10.c) et l'acide ellagique (figure 10. a) sont les représentatifs du fruit. La répartition des acides phénoliques dans les différentes parties du fruit et les feuilles de *Ficus carica* est résumée dans le tableau V.

Tableau V : Quelques acides phénoliques présents dans le fruit et les feuilles de *Ficus carica* (mg/100g) (Pande et Akoh, 2010).

partie	Acide gallique	Acide ellagique	Acide Caféique (figure 10.d)	Acide <i>p</i> -coumarine (figure 10. e)	Acide Ferulique (figure 10.b)
Pulpe+akènes	2,6	0,5	–	–	–
peau	2,8	0,4	–	–	–
Fruit entier	2,8	0,2	–	–	–
feuille	3,8	33,8	7,8	5,9	20,6

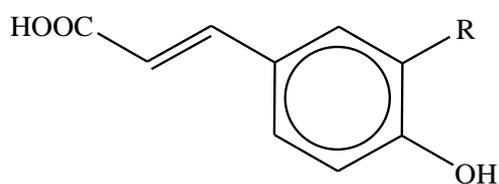


Figure 9 : Structure de l'acide hydroxycinnamique

(Dalbem Rocha et al., 2012).

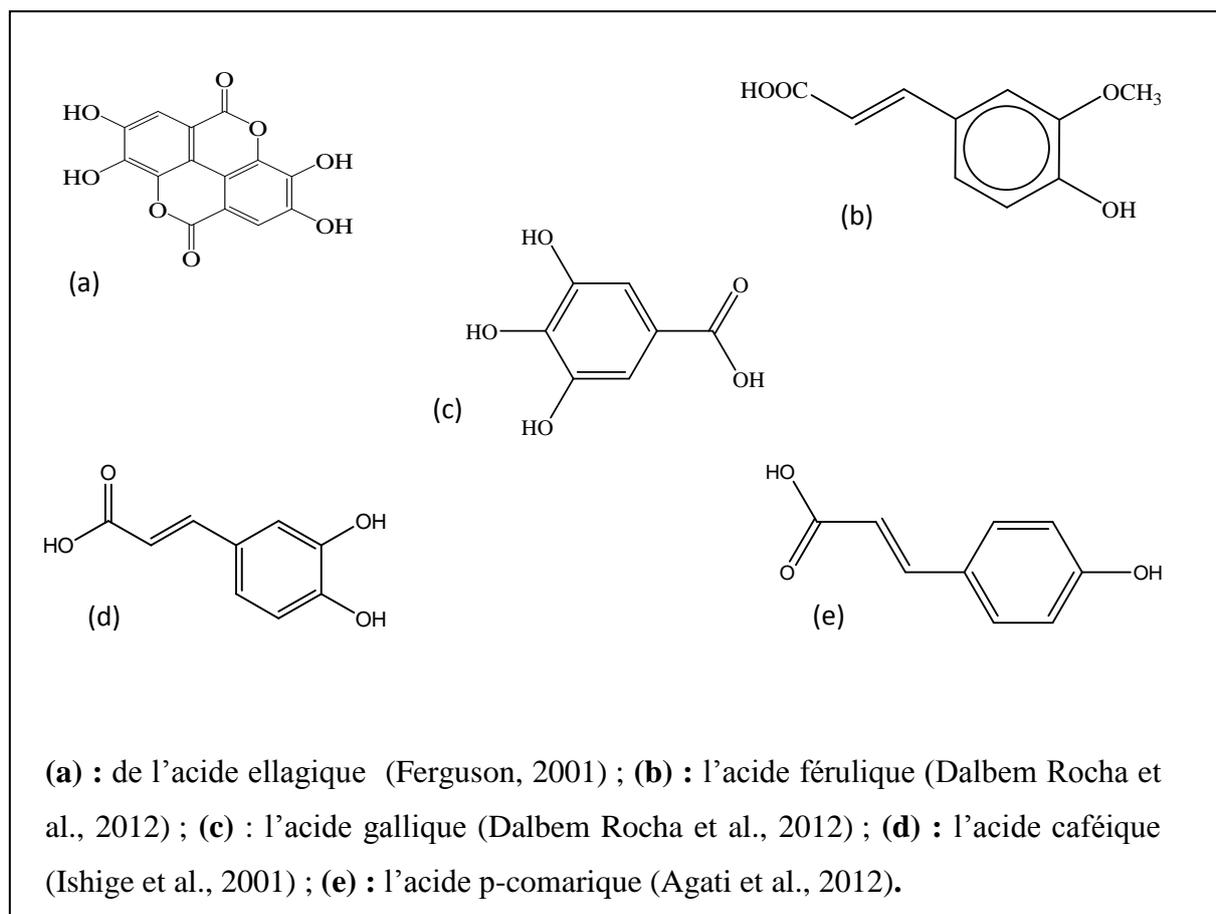


Figure 10 : Structures chimiques de quelques acides phénoliques

1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent la principale classe des polyphénols (Stoclet, 2010) qui se présentent dans les fruits et les légumes (Curtay et Robin, 2000 ; Bossokpi, 2002). Plus de 4000 flavonoïdes ont été identifiés (Peterson et Dwyer, 1998). Ils sont des piègeurs efficaces des radicaux libres (Curtay et Robin, 2000 ; Stoclet, 2010) et de puissants inhibiteurs de la lipooxygénase et/ou de la cyclooxygénase (Cheikh-Traoré, 2006). De plus, les flavonoïdes, en particulier la quercétine (figure 11) et la catéchine (figure 12), ont une activité chélatrice des métaux tels que le cuivre et le fer (Curtay et Robin, 2000 ; Bossokpi, 2002).

Selon Marinova et al. (2005), la concentration des flavonoïdes totaux dans la figue fraîche est de 20 mg EC/100g MF. Ainsi, le travail de Ouchemoukh et al. (2012) effectué sur quelques fruits secs, commercialisés dans les marchés de Bejaïa, a prouvé que la figue sèche est le fruit le plus riche en flavonoïdes (105,6 mg EQ /100g MS) par rapport aux autres fruits séchés tels que les raisins (28,2 mg EC/100g) et les prunes (48,7 mg EC/100g).

D'autre part, les variétés de figues ayant la peau foncée contiennent les taux les plus élevés en flavonoïdes (2,7- 21,5mg de catéchine/100g MS) ; alors que celles ayant la peau claire ont une teneur de 2,1 mg/100g MS. Ces composés sont notamment concentrés dans la peau dont leur teneur est de 10,1 à 45,6 mg/100g MS, pour les variétés sombre, et de 2,2 à 3,8mg EC /100g MS, pour les variétés claires. En outre, la teneur des pulpes sont comprise entre 1,6 et 5,7 mg EC/100g MS, pour les figues sombre, et entre 1,6 et 2,1 mg EC/100g MS, pour les variétés claires (Solomon et al., 2006 ; Caliskan et Polat, 2011).

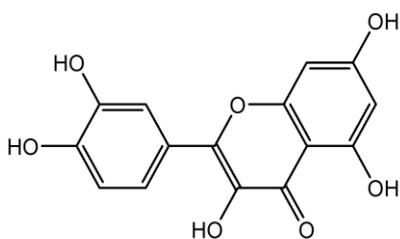


Figure 12 : Structure chimique de la quercétine (Saeed et al., 2013).

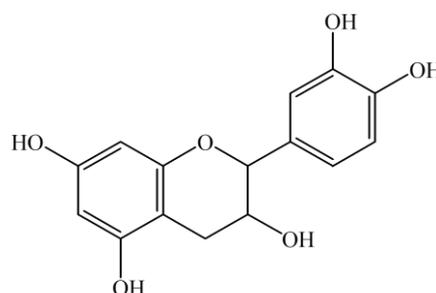


Figure 11 : Structure chimique de la catéchine (Berké et al., 2003).

1.2.1. Anthocyanines

Les anthocyanines sont des substances appartenant à la classe des flavonoïdes (Albitar, 2010). Ce sont des pigments spécialement associés aux fruits (Peterson et Dwyer, 1998), composés de deux ou trois parties : la base aglycone (anthocyanidine), sucres, et souvent des groupes acyle (Albitar, 2010). Leur couleur dépend du pH, elle est habituellement rouge au pH=3,5 et avec l'augmentation du pH, elle devient incolore puis bleu (Peterson et Dwyer, 1998). Les Co-pigments des anthocyanines jouent un rôle très important dans la pollinisation en attirant les insectes pollinisateurs (Hiem et al., 2002).

Le taux des anthocyanines de fruit augmente avec sa maturité (Peterson et Dwyer, 1998), ce qui explique son taux élevé dans la figue récoltée au stade mature (0,3- 10,9 mg de cyan-3-glu/100g MS) (Solomon et al., 2006 ; Crisosto et al., 2010). Ouchemoukh et al. (2012) ont montré dans leur recherche que la figue sèche est le fruit le plus riche en anthocyanine (5,9 mg EC/100g MS) par rapport aux autres fruits secs tels que les prunes (2 mg/100g de MS) et les raisins (1mg EC /100g de MS). Ces composés se concentrent surtout dans la peau dont leur teneur varie de 4,1 à 27,3 mg de cyan-3-glu /100g MS pour les variétés sombres et de 0,7 mg de cyan-3-glu/100g MS pour les variétés claires (Solomon et al., 2006). En effet, les figues pourpres et noires pelées contiennent un taux d'anthocyanines 2 fois plus élevé que celui des vertes et jaunes pelées (Cristosto et al., 2010 ; Caliskan et Polat, 2011).

Selon Solomon et al. (2006), les deux anthocyanines majoritaires contenant dans la figue sont le cyanidin-3-glucoside (figure 13) et le cyanidin-3-rhamnoglucoside (CR3) (figure 14).

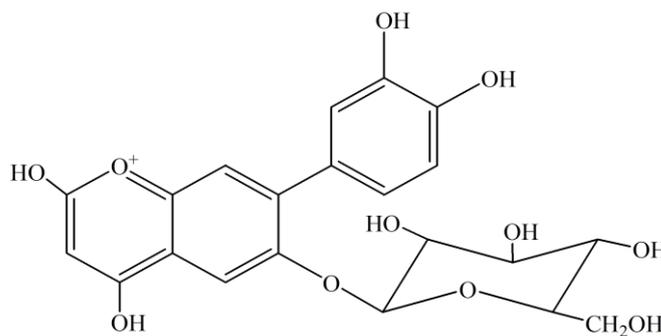


Figure 13 : Structure chimique de cyanidin-3-glucoside (Chawla et al., 2012).

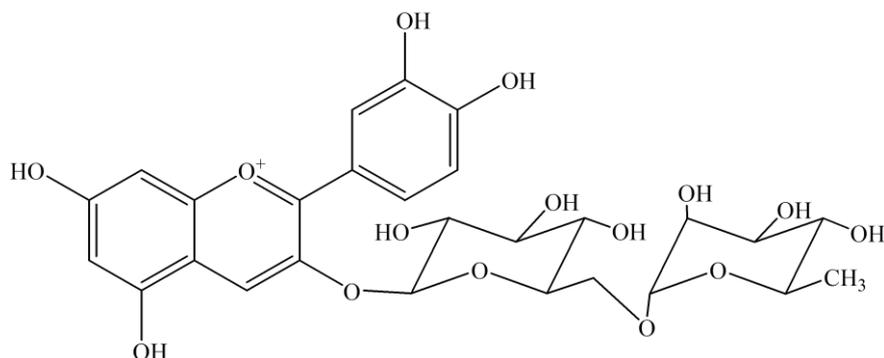


Figure 14 : Structure chimique de cyanidin-3- rhamnoglucoside (C3R) (Solomon et al., 2006).

2. Caroténoïdes

Les caroténoïdes constituent une vaste famille (Bossokpi, 2002) des pigments liposolubles (Curtay et Robin, 2000). Ce sont de longues molécules dont leur structure chimique est constituée de très nombreuses doubles liaisons conjuguées (Pincemail et al., 1998. b). Ils contribuent à la coloration jaune, orange ou rouge des fruits et légumes (Bossokpi, 2002). Selon Curtay et Roben (2000), plus de 600 caroténoïdes sont identifiés parmi lesquels se trouve le β -carotène (provitamine A), le lycopène et la lutéine.

Les caroténoïdes ont une forte activité antioxydante grâce à l'intervention des doubles liaisons (Pincemail et al., 1998. b) dans le contrôle de la génération des radicaux libres (Curtay et Robin, 2000) en réagissant avec les radicaux hydroxyles ($\cdot\text{OH}$) et peroxydes ($\text{ROO}\cdot$) (Bossokpi, 2002). Par ailleurs, les caroténoïdes peuvent présenter un intérêt en cas de photosensibilisation ou de photo-dermatose (Curtay et Robin, 2000).

Ficus carica est l'une des sources des caroténoïdes avec environ 11 mg E β C/100g MS (Ouchemoukh et al., 2012). Selon solomon et al. (2006), la figue contient plusieurs caroténoïdes tels que la lutéine (figur15), crypthoxantine et lycopène qui est le plus abondant.

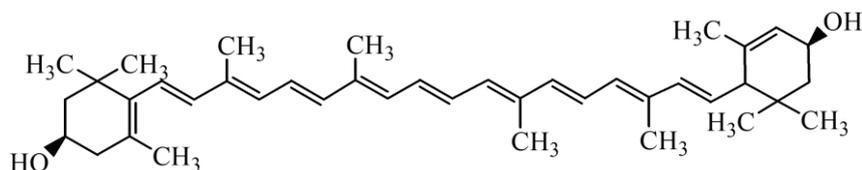


Figure 15 : Structure chimique de la lutéine (Chawla et al., 2012).

3. Vitamines

3.1. Vitamine E

La vitamine E fait partie de la famille des tocophérols (Cuvelier et al., 2003). Ses formes naturelles sont connues comme α , β , γ , et δ (Curtay et Robin, 2000 ; Engin, 2009). Ils diffèrent les uns des autres par la position des groupes méthyles sur le cycle aromatique (Pincemail et al., 1998. a) dont la forme la plus biologiquement active est l' α -tocophérol (figure 16) (Pincemail et Defraigne, 2003 ; Engin, 2009).

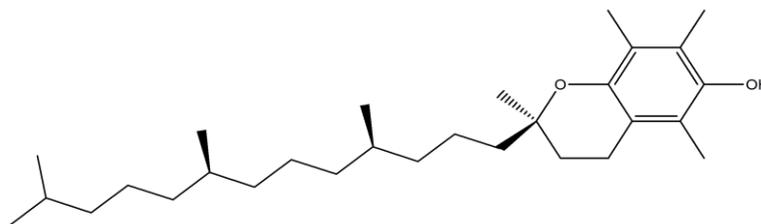
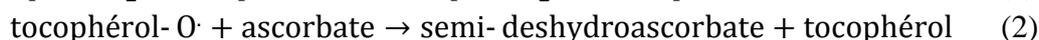


Figure 16 : Structure chimique de α -tocophérol (Engin, 2009).

La vitamine E est reconnue comme antioxydant naturel très important (Engin, 2009), grâce à sa capacité à inhiber les peroxydations lipidiques (Cuvelier et al., 2003).

La vitamine E s'oxyde en radical tocophéryl afin de piéger les radicaux libres (réaction 1) (Pincemail et Defraigne, 2003 ; Christie, 2011), puis elle est restaurée par l'action de la vitamine C (réaction 2) ou par une ubiquinone mitochondriale (coenzyme Q) (Thiedauld, 1998).



Selon Pande et Akoh (2010), la teneur des figes en vitamine E est de 0,3 mg/100g pour sa forme γ , 0,2mg/100g de MS pour sa forme α et des traces pour la forme β .

3.2. Vitamine C

La molécule d'acide ascorbique (figure 21) et sa forme déprotonée, l'ascorbate (présent majoritairement à pH physiologique) sont des agents réducteurs (Gardès-Albert et al., 2003). La vitamine C travaille avec la vitamine E et l'enzyme glutathion peroxydase pour arrêter des radicaux (figure17) (Cheikh-Traoré, 2006).

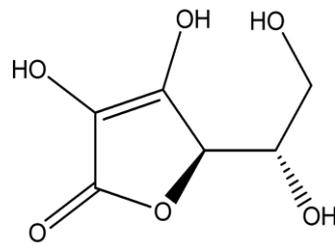


Figure 17 : Structure chimique de l'acide ascorbique (Belkheiri, 2010).

La vitamine C, piège directement les radicaux libres (Bedioul et alouane, 2010), elle réagit non seulement avec les radicaux hydroxyles, mais aussi avec les radicaux superoxydes et leur forme protonée et capte les radicaux peroxydes (Gardès-Albert et al., 2003). Au cours de ces réactions l'ascorbate est oxydé en radical ascorbyle qui sera recyclé, tout au moins en partie, par dismutation (Gardès-Albert et al., 2003).

Selon Guvenc et al. (2009), la teneur des figues fraîches en acide ascorbique est comprise entre 12,2 et 17,6 mg/100g de MS, alors qu'il est absent dans les figues sèches.

La figure 18 résume l'intervention des vitamines E et C comme étant des antioxydants.

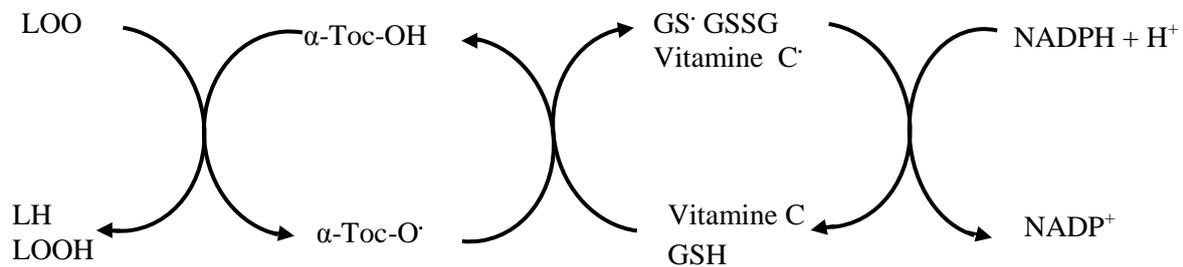


Figure 18 : Mécanisme d'action des vitamines E et C (Engin, 2009).

Où : LH : lipide, LOOH : peroxyde de lipide, LOO· : Radical de peroxyde lipidique, α-toc : α-tocophérol, α Toc-O· : radical de α-tocophérol, GSH : Glutathion, Vitamine C· : Radical de vitamine C, GS· : Radical de glutathion, GSSG : Glutathion oxydé, NADPH : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduit, NADP⁺ : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate oxydé.

4. Oligoéléments

Le terme oligo-élément s'applique à des éléments minéraux tels que le cuivre, le fer, le manganèse et le zinc dont l'organisme en a besoin en très faible quantité (Scimeca, 2002).

Les oligoéléments ont des propriétés bioactives en agissant en tant que cofacteurs de certaines enzymes tel que la superoxyde dismutase (Lecerf et Ragot, 2006 ; Avignon et al., 2010 ; Bedioul et al.ouane, 2010).

Selon Aljane et Ferchichi (2009), les figures contiennent des taux de 45,46 à 99,43mg/100g MS de Magnésium (Mg) ; 0,70 mg/100 g de MS de zinc (Zn), de cuivre (Cu) et de manganèse (Mn). Le taux de fer (Fe) est de 0,08 et 1,17mg/100g MS.

La figure 19 représente un schéma récapitulatif des mécanismes d'action des différentes substances bioactives.

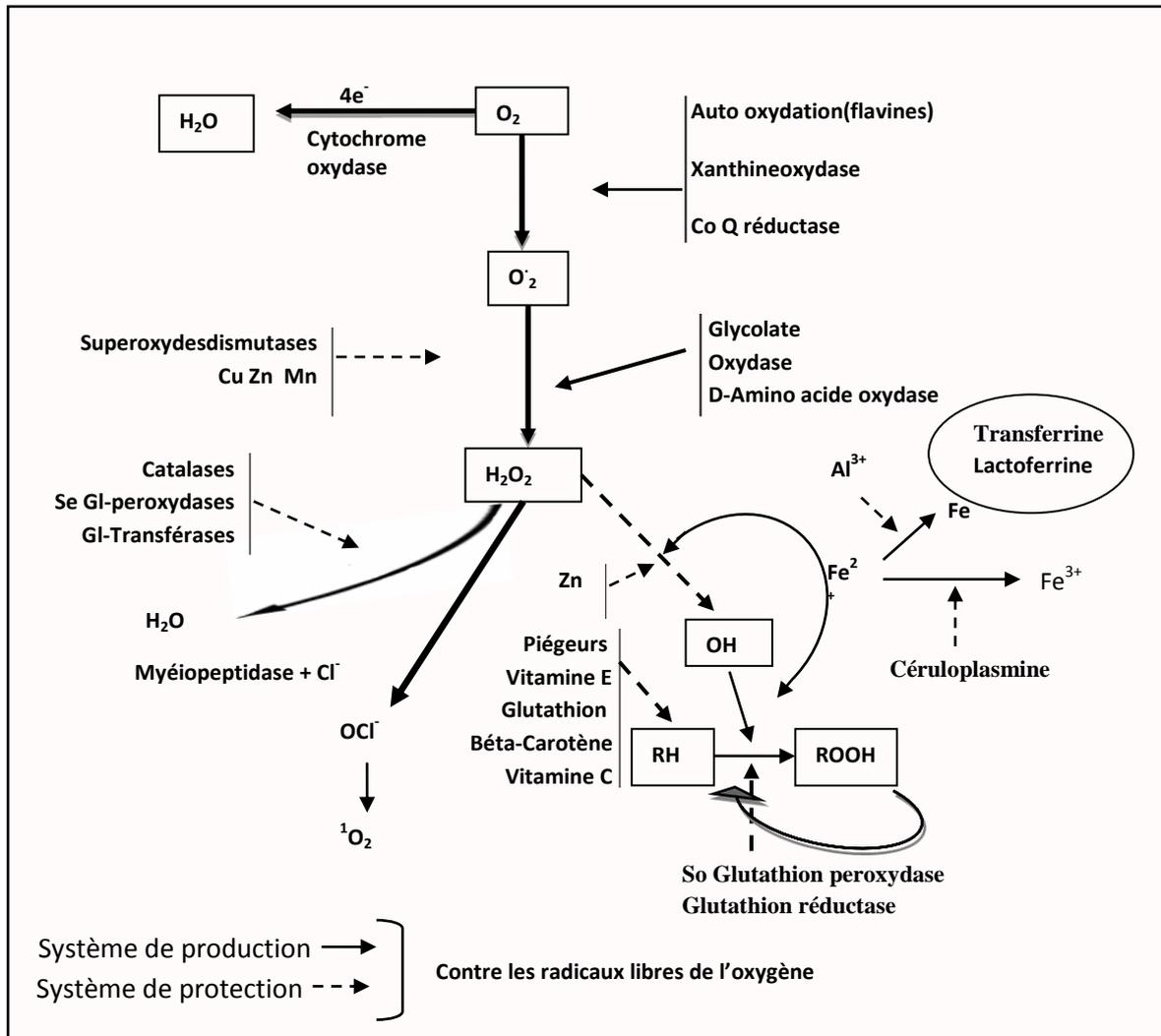


Figure 19 : Mécanismes d'action des antioxydants (Thiedauld, 1998).

Chapitre III

Effets thérapeutiques et usages traditionnels

Chapitre III : Effets thérapeutiques et usages traditionnels du figuier

1. Effets thérapeutiques

Grace à leur activité antioxydante, les substances bioactives de la figue interviennent dans la protection de la santé contre diverses pathologies telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurologiques qui sont liées généralement au stress oxydatif (Young-Soo et Cha, 2010 ; Ercisli et al., 2012 ; Faleh et al., 2012).

1.1. Activité antipyrétique

Ficus carica a un effet antipyrétique (Joseph et Justin Raj, 2011 ; Patil et Patil, 2011), ce qui a été prouvé par l'étude de Patil et al. (2010). Cette recherche a montré que l'injection des rats avec les doses de 100, 200 et 300 mg/Kg d'extrait de feuilles de *Ficus carica* provoque une diminution de la fièvre causée par l'injection de 10ml/Kg de levures (15% (m/v)) suspendues dans la solution de méthyle-cellulose (0,5% (m/v)). Cet effet se prolonge jusqu'à 5h après l'application de remède et il est comparable à celui de paracétamol (150mg/kg).

1.2. Activité anthelminthique

L'injection des rats par 3ml/Kg/jour du latex de *Ficus carica* pendant 3 jours conduit à la réduction de 41,7% de *Syphacia obvelata*, 8,3% de *Vampirolepis nana* et 2,6% de *Aspiculuris tetraptera* (Patil et Patil, 2011). Cette activité anthelminthique est due à une protéine dite la ficine (Daniel, 2006). Cette dernière est une protéinase, coupe après la cystéine, présente dans le latex de *Ficus carica* (Salas et al., 2008 ; Zare et al., 2012).

Dans une expérience *in vitro*, l'efficacité anthelminthique de la ficine a été étudiée sur les nématodes gastro-intestinaux des rongeurs (*Heligmosomoides polygyrus*). Après 2 h d'incubation, la protéinase cause des dommages prononcés sur les cuticules de *Heligmosomoides polygyrus*. Cette activité a été complètement bloquée par l'inhibiteur de cystéine protéinase. Ainsi, la valeur LD₅₀ indique que la ficine purifiée est plus efficace que celle du latex cru (Salas et al., 2008).

1.3. Activité antimicrobienne

Il est prouvé que les extraits de la figue peuvent agir comme étant des agents antibactériens naturels (Siricha et al., 2010 ; Joseph et Justin Raj, 2011 ; Javed et Iffat, 2013). Cette activité est due aux composés phénoliques particulièrement les flavonoïdes (Crisosto et al., 2010 ; Caliskan et Polat, 2011).

Ça été démontré par la méthode d'antibiogramme, que le latex de *Ficus carica* a une activité antimicrobienne. La fraction méthanolique (500 µg/ml) a une inhibition totale contre *Candida albicans* (100%). *Microsporium canis* est fortement inhibé (75%) par l'extrait méthanolique et totalement inhibé par l'extrait d'acétate d'éthyle à une concentration de 750 µg/ml (Joseph et Justin Raj, 2011). L'activité antifongique qui agit contre *Verticillium* et *Fusarium* est due à une protéine (6481 KDa) isolée du latex de *Ficus carica* (Yang et al., 2009 ; Patil et Patil, 2011). En outre, l'extrait d'éthanol des feuilles de *Ficus carica* montre une forte activité antimicrobienne contre les bactéries buccales (Siricha et al., 2010).

1.4. Réponse immunitaire

Les études de Yang et al. (2009) et Joseph et Justin Raj (2011) ont montré que l'injection des rats avec 500 mg/Kg d'extrait des polysaccharides du fruit augmente la réponse immunitaire par l'activation des lymphocytes B et la production des immunoglobulines (A, G et M). Une concentration de 0,6 et 0,12 mg/ml de *Ficus carica* inhibe l'adénosine 5-diphosphate et adrénaline induisant l'agrégation plaquettaire (Patil et Patil, 2011).

De même, les caroténoïde, les flavonoïdes et la vitamine E interviennent dans l'augmentation de la réponse immunitaire (Pincemail et al., 1999 ; Curtay et Robin, 2000 ; Cheikh-Traoré, 2006).

En effet, le psoralène (figure 20) et bergaptène (5-methoxypsoralène) qui sont extraits de feuilles de *Ficus carica* sont utilisés avec les rayonnements UV dans le traitement de la peau, tels que la leucodermie, le mycosis fongioïde, la dermatite auto-immune à la progestérone et l'eczéma (Siricha et al., 2010).

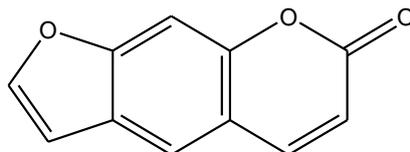


Figure 20 : Structure chimique de psoralène (Lansky et al., 2008).

1.5. Activité anti-inflammatoire

L'analyse *in vivo* a permis de détecter un effet régulateur anti-inflammatoire notable de *Ficus carica* (El Azhari et al., 2012). Cet effet est exercé par les composés phénoliques tels que les flavonoïdes (Crisosto et al., 2010 ; Caliskan et Polat, 2011) et la vitamine E. Cette dernière sous sa forme γ -tocophérol et ses métabolites hydrosolubles inhibe la production de prostaglandine (médiateur pro-inflammatoire) (Curtay et Robin, 2000 ; Greenwell, 2002). À leur tour, les figes sèches agissent sur le pannus (Teyssou, 2007).

1.6. Activité anticancéreuse

Les études *in vitro* et *in vivo* ont démontré que les antioxydants de la fige sont capables d'atteindre les processus de développement des cellules tumorales (Crisosto et al., 2010) et les cancers des tissus conjonctifs (sacroma) (Daniel, 2006). Les composés phénoliques tels que les flavonoïdes et les anthocyanes, les caroténoïdes et la vitamine E sont des antioxydants contribuant dans la prévention des pathologies tels que les cancers (Curtay et Robin, 2000 ; Cheikh-Traoré, 2006 ; Crisosto et al., 2010 ; Caliskan et Polat, 2011). Quant à la fige sèche, elle agit sur les tumeurs de la parotide et de la mâchoire (Teyssou, 2007).

En outre, une étude a mis en évidence que le latex de *Ficus carica* inhibe la synthèse d'ADN des cellules cancéreuses et il a un grand effet d'anti-prolifération en provoquant l'apoptose (Guvenc, 2009). Le complexe 6-O-acyl- β -D-glucosyl- β -sitostérols (figure 21) étant un agent cytotoxique fort a été isolé à partir du latex de la fige. *In vitro*, cet agent montre des effets inhibiteurs sur la prolifération des différentes cellules cancéreuses (Joseph et Justin Raj, 2011 ; Li et al., 2011). En plus, il inhibe le 3H-benzo α -pyrene qui est un produit chimique cancérogène (Daniel, 2006).

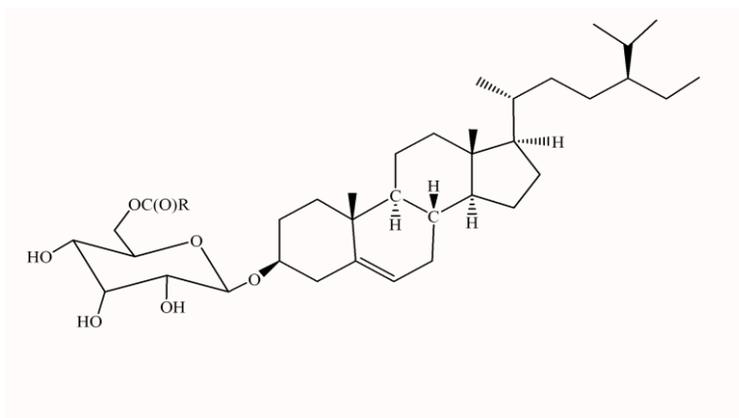


Figure 21 : Structure chimique de 6-O-acyl- β -D-glucosyl- β -sitostérols (Chawla et al., 2012).

1.7. Activité antispasmodique

Afin de rationaliser l'usage médicinal de la figue dans les maladies gastro-intestinales et inflammatoires, l'extrait d'éthanol de *Ficus carica* (0,1-0,3mg/ml) a été étudié pour son effet antispasmodique sur les préparations du jéjunum isolé de lapin. Cet extrait a conduit à des décontractions spontanées et libération de K^+ (25mM). Donc l'activité spasmolytique de la figue est due à l'activation de l'ATP et des canaux de K^+ (Patil et Patil, 2011).

1.8. Activité hypoglycémique

La figue participe à la régulation de la glycémie (Guvenc, 2009). Pour cela, Azzi et al. (2010) ont fait leur étude sur les effets anti-hyperglycémiant de l'extrait brut aqueux des figues chez les rats normaux et rendus diabétiques par la Streptozotocine. Ils ont remarqué que la diminution de la glycémie est d'ordre 8% dans les 3 premières heures après l'injection de 0,947 g/kg et d'ordre 56% après 3 jours de l'injection ; cette diminution persiste durant 7 jours.

En outre, l'extrait de feuille de *Ficus carica* induit un effet hypoglycémique important par voie d'administration orale où intra-péritonéal chez les rats diabétiques (Joseph et Justin Raj, 2011). De même, les rats ayant un diabète type I sont traités par le bouillon d'extrait des feuilles pendant 3 semaines et les résultats montre que le bouillant des feuilles a un effet hypoglycémique (Guvenc, 2009).

1.9. Activité hypolipidimique

La figue participe à la régulation du taux de cholestérol sanguin grâce aux fibres (Gamero, 2002 ; Guvenc, 2009). Ainsi que le caractère antioxydant des flavonoïdes contribue à la prévention de pathologies cardiovasculaires (Curtay et Robin, 2000) et hypertension artérielle (Crisosto et al., 2010). De même, la vitamine E participe à la protection contre l'artériosclérose (Cheikh-Traoré, 2006).

Les résultats de Asadi et al. (2006) indique que l'extrait de feuilles de *Ficus carica* peut être utilisé comme un complément efficace pour moduler la sécrétion de triglycérides et de cholestérol à partir du foie des volailles. Dans leur expérience, les foies des coqs âgés de 8 semaines (n = 24) sont extraits, coupés et cultivés dans des concentrations croissantes d'extraits de feuilles de figue (1,7 ; 2,5 et 3,3 μ l/ml). Les résultats montrent une forte diminution de la sécrétion des lipides par le foie des volailles.

2. Usages traditionnels

Les différentes parties de *Ficus carica* sont utilisées dans la médecine traditionnelle pour traiter divers maladies tels que le diabète, l'ulcère, le cancer et la fièvre (Javed et Iffat, 2013). Elles ont des activités laxatif, antianémique, béchique et pectoral. Elles traitent aussi des verrues (Messaoudi, 2005).

La figue joue un rôle laxatif (Iserin et al., 2001 ; Imran et al., 2011 ; Singh et al., 2012) dû à sa teneur en fibres (Guvenc, 2009) et ses akènes (Joseph et Justin Raj, 2011). Elle est utilisée comme un antipyrétique et calmant des douleurs (Imran et al., 2011 ; Joseph et Justin Raj, 2011 ; Patil et Patil, 2011 ; Singh et al., 2012). Ce fruit a également des propriétés aphrodisiaques (Imran et al., 2011 ; Patil et Patil, 2011 ; Singh et al., 2012). Il est appliqué aussi dans le traitement des maladies pulmonaire (asthme, tuberculose) et la toux (Iserin et al., 2001 ; Imran et al., 2011 ; Singh et al., 2012) en administrant deux cuillères de sa confiture à jeun pendant deux semaines (Messaoudi, 2005). Le fruit de *Ficus carica* est utilisé pour soigner l'anémie (Daniel, 2006 ; Singh et al., 2012) grâce à sa richesse en fer (Joseph et Justin Raj, 2011) et les hémorroïdes (Guvenc, 2009 ; Patil et Patil, 2011 ; Singh et al., 2012). Selon Messaoudi (2005), ces deux dernières maladies sont traitées par la consommation d'un mélange de la figue, des dattes et de l'huile d'olive. Ce fruit a aussi un effet diurétique (Patil et Patil, 2011 ; Singh et al., 2012) et fait fondre les calcaire rénaux par la consommation de son concentré (Joseph et Justin Raj, 2011).

Les feuilles sont bouillies et utilisées pour traiter les hémorroïdes douloureuses ou gonflées. Le concentré a un effet sur le diabète et la clarification des reins et de foie (Joseph et Justin Raj, 2011). Elles sont également utilisées pour traiter l'ictère (Patil et Patil, 2011).

Le latex de figuier est utilisé comme un calmant (Iserin et al., 2001) et anthelminthique (Joseph et Justin Raj, 2011) ainsi qu'un remède pour les verrues (Messaoudi, 2005 ; Imran et al., 2011)

Les racines sont utilisé dans le traitement de leucodermie et les inflammations fongiques (Imran et al., 2011 ; Patil et Patil, 2011) tel que l'herpès (Singh et al., 2012).

Conclusion

Conclusion

Plusieurs études ont montré que la figue est un aliment très nutritif grâce à sa richesse en sucre, en vitamines hydrosolubles et liposolubles et acides aminés.

En plus de sa richesse en éléments nutritifs, *Ficus carica* est l'une des excellentes sources des antioxydants naturels tels que les caroténoïdes, les anthocyanines, les flavonoïdes qui sont concentrés dans la peau de la figue et enzymes. Ces composés qui sont biologiquement actifs se répartissent dans les différentes parties de l'espèce (racine, feuille, fruit et latex).

En effet, *Ficus carica* est utilisé dans la médecine traditionnelle pour soulager les douleurs et les inflammations, traiter certaines maladies comme les hémorroïdes et les maladies pulmonaires et soigner aussi l'anémie et les verrues. Certains effets thérapeutiques sont prouvés par des études *in vivo* bien que *in vitro*.

Cependant, la ligne de démarcation entre les propriétés nutritives et les propriétés curatives n'est pas toujours très nette. Pour cette raison, les études cliniques et pathologiques doivent être conduites à l'extraction et l'identification qualitative et quantitative des substances bioactives présente dans cette espèce tout en évaluent leurs mécanismes d'action.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Agati G., Azzarello E., Pollastri S. et Tattini M. 2012. Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. *Plant Science*. 196 : 67-76.
- Albitar N. 2010. Etude comparative des procédés de séchage couplés à la texturation par Détente Instantanée Contrôlée DIC, en termes de cinétique et de qualité nutritionnelle. Applications à la valorisation des déchets agro-industriels. Thèse de doctorat. p. 143.
- Aljane F. et Ferchichi A. 2009. Postharvest chemical properties and mineral contents of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Tunisia. *Journal of food, Agriculture and Environment*. 7 (2) : 209-212.
- Asadi F., Pourkabar M., Maclaren R. et Shahriari A. 2006. Alterations to lipid parameters in response to fig tree (*Ficus carica*) leaf extract in chicken liver slices. *Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences*. 30 : 315-318.
- Avignon A., Lambert K. et Bisbal C. 2010. Thé, chocolat, raisin...ou les polyphénols comme outils de prévention du diabète de type 2. *Revue, Mise au point cliniques d'endocrinologie* : 125-136.
- Azzi R., Lahfa F. et Djaziri R. 2010. Recherche d'effet anti-hyperglycémiant d'extrait brut aqueux des fruits des figes (*Ficus carica*) sur des rats wistar normaux et diabétiques. *Plantes traditionnelles et alimentation* : 13.
- Babalís S. J., Papanicolaou E., Kyriakis N. et Belessiotis V. G. 2006. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). *Journal of Food Engineering*. 75 : 205-214.
- Babazadeh Darazi B. 2011. Morphological and pomological characteristics of fig (*Ficus carica* L.) cultivars from Varamin, Iran. *African Journal of Biotechnology*. 10 (82) : 19096-19105.
- Bachi K. 2012. Etude de l'infection de différentes variétés de figuier (*Ficus carica* L.) par la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae). Thèse de magistère. Tizi Ouzou. p. 114.

- Bedioul A. et Alouane L. 2010. Plantes traditionnelles et alimentation. Tunisie. pp. 22-23.
- Belkheiri N. (2010). Dérivés phénoliques a activités antiantherogenes. thèse de doctorat. Toulouse. p . 228.
- Berké B., Vauzour D., Castagnino C., Arnaudinaud V., Nay B., Chèze C. et Vercauteren J. 2003. Vin et santé : découvertes récentes. Journal de Pharmacie de Belgique. 58 (3) : 57-74.
- Bossokpi I. P. 2002. Etude des activités biologiques de Fagara zanthoxyloïdes Lam.(Rutaceae). Thèse de doctorat. Bamako. p. 116.
- Çalışkan O. et Polat A. A. 2011. Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. Journal of Scientia Horticulturae. 128 : 473-478.
- Chawla A., Kaur R. et Sharma A. K. 2012. *Ficus carica* Linn.: A review on its pharmacognostic, phytochemical and pharmacological aspects. International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research. 1 (4) : 215-232.
- Cheikh-Traoré M. 2006. Etude de la phytochimie et des activités biologiques de quelques plantes utilisées dans le traitement traditionnel de la dysménorrhée au Mali. Thèse de doctorat. p. 175.
- Christie W. 2011. Tocopherols and tocotrienols- structure, composition, biology and analysis. lipid library. pp : 1-8.
- Crisosto C. H., Bremer V., Ferguson L. et Crisosto G. M. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. Journal of Horticultural Science. 4 (45) : 707–710.
- Curtay J.-P. et Robin J.-M. 2000. intérêt des complexes antioxydants. Nutrithérapie Info : 1-4.
- Cuvellier C., Dotreppe. O. et Istasse. 2003. Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. Annales de Médecine Vétérinaire. 147 : 315-324.
- D.S.A, Direction des statistiques agricultures. 2013.

- Dalbem Rocha L., Costa Monteiro M. et Junger Teodoro A. 2012. Anticancer Properties of Hydroxycinnamic Acids-A Review. *Cancer and Clinical Oncology*. 15(2) : 109-121.
- Daniel M. 2006. Medicinal plants: chemistry and properties. Science Publishers. pp. 109
- Deborah H. et Stéphanie O. 2008. fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Genève, Filière Nutrition et diététique. Heds Ecole de Santé : 1-4.
- Dolgun O. et Tekintas F. E. 2008. production of fig (*Ficus carica* L.) Nursery Plants by Stem Layering Method. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 73 (3) : 157-160.
- El Asri M., Oukabli A., Mamouni A., Ferrahi M., Lahlou N., Krad C., Boulanoir B., Abbad A. F., Seddik S. Tirazi R. et Haddaskar E. M. 2008. des variétés performantes pour le développement de la culture. Compte rendu de la Journée d'information sur le figuier. 1-6.
- El Azhary K., El Hou A., Soukri A., Habti N. et Badou A. 2012. Etude de l'effet des extraits de quelques plantes marocaines sur l'inflammation. Compte rendu de la Quatrième Journée de la Société Marocaine d'Immunologie : 56.
- El Khaloui M. 2010. Valorisation de la figue au Maroc. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA :1-4.
- Engin K. N. 2009. Alpha-tocopherol: looking beyond an antioxidant. *Molecular Vision*. 15 : 855-860.
- Ercisli S., Tosun M., Karlidag H., Dzubur A., Hadziabulic S. et Alimane Y. 2012. Color and Antioxidant Characteristics of Some fresh fig (*Ficus carica* L.) Genotypes from Northeastern Turkey. *Journal of Plant Foods for Human Nutrition*. 67: 271-276.
- Faleh E., Oliveira A. P., Valentão P., Ferchichi A., Silva M. et Andrade P. B. 2012. Influence of Tunisian *Ficus carica* fruit variability in phenolic profiles and in vitro radical scavenging potential. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* :1-8.
- FAOSTAT. (2013). <http://faostat.fao.org/> (Acceder le 26/05/2013)
- Farahnaky A., Ansari S. et Majzoobi M. 2009. effect of glycérol on the moisture sorption isotherms of figs. *Journal of Food Engineering*. 93 : 468-473.

- Ferguson L. R. 2001. Role of plant polyphenols in genomic stability. *Mutation Research*. 475 : 89-111.
- Gamero J. L. 2002. Production de figuiers: perspectives pour la commercialisation des figues sèches. *Compte rendu de la journée scientifique et d'information sur le figuier* : 52-56.
- Gardès-Albert M., Bonnefont-Rousselot D. et Abedinzadeh Z. 2003. Espèces réactives de l'oxygène : comment l'oxygène peut-il devenir toxique?. *L'actualité chimique* : 91-96.
- Ghada B., Olfa S., Messaoud M., Mohamed M., Mokhtar T. et Amel S.-H. 2009. Sequence analysis of the internal transcribed spacers (ITSs) region of the nuclear ribosomal DNA (nrDNA) in fig cultivars (*Ficus carica* L.). *Journal of Scientia Horticulturae*. 120 : 34-40.
- Gilani A. H., Hassen Mahmood M., Janbaz K. H., Khan A. et Saeed S. A. 2008. Ethnopharmacological studies on antispasmodic and antiplatelet activities of *Ficus carica*. *Journal of Ethnopharmacology*. 119 : 1-5.
- Gozlekci S. 2011. Pomological traits of fig (*Ficus carica* L.) genotypes collected in the west mediterranean region in Turkey. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 21 (4): 646-652.
- Greenwell I. 2002. Newly discovered benefits of gamma tocopherol. *Life Extension* : 38-42.
- Guvenc M. E. 2009. Analysis of fatty acid and some lipophilic vitamins found in the fruits of the *Ficus carica* variety picked from the Adiyaman district. *Research Journal of Biological Sciences*. 4 (3) : 320-323.
- Harry M., Rasplus J.-Y. et Lachaise D. 1994. La coévolution plantes-insectes: l'enracinement de deux enjeux génétiques (seconde partie). In : « *Biologie des espèces* ». 95 (4). pp. 2-5.
- Hiem K. E., Tagliaferro R. A. et Bobilya J. D. 2002. Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 13 : 572-584.

- Imran A., Jat R. K. et Varnika S. 2011. A review on traditional, pharmacological, pharmacognostic properties of *Ficus carica* (Anjir). International Research Journal of Pharmacy. 2 (12) : 124-127.
- Iserin P., Masson M., Restellini J. P. et Ybert E. 2001. Encyclopédie des Plantes Médicinales. Larousse.
- Ishige K., Schubert D. et Sagara Y. 2001. Flavonoïds protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. Free Radical Biology and Medicine. 30 (4) : 433-446.
- Javed A. et Iffat K. 2013. Evaluation of antioxydant and antimicrobial activity of *Ficus carica* leaves: an In vitro approach. Plant Pathology et Microbiology. 4 : 1-4.
- Jeddi L. 2009. Valorisation des figes de Taounate : Potentiel. mode et stratégies proposées. Thèse présentée dans le cadre de l'examen d'aptitude professionnelle pour l'avancement de grade dans le cadre d'ingénieur d'état. P. 29.
- Joseph B. et Justin Raj, S. 2011. pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn-An overview. International Journal of Pharmacy and Technology Research. 3 (1) : 08-12.
- Karimi S., Hojati S., Eshghi S., Moghddam R. N. et Jandoust S. 2012. Magnetic exposure improves tolerance of fig 'Sabz' explants to drought stress induced in vitro. Scientia Horticulturae. 137 : 95-99.
- Kjellberg F., Aljibouri A. et Valdeyron G. 1983. Observation recentes sur la pollinisation du figuier. Fruits . 38 (7-8) : 567- 569.
- Kolesnik A. A., kakhniashvili T.A., Zherebin Yu. L., Golubev V. N. et Pilipenko L. N. 1987. Lipids of the fruit of *Ficus carica*. Plenum Publishing Corporation Ukraine. 394-397.
- Lansky E. P., Paavilainen H. M., Pawlus A. D. et Newman R. A. 2008. Ficus spp (fig): Ethnobotany and potential as anticancer and anti-inflammatory agents. Journal of Ethnopharmacology. 119 : 195-213.
- Lecerf J. M. et Ragot B. 2006. Mieux nourrir mon enfant: Concilier plaisir, éducation et santé. Atelier. p. 117.

- Li J., Tian Y., Sun B., Yang D., Chen J. et Men Q. 2011. Analysis on volatile constituents in leaves and fruits of *Ficus carica* by GC-MS. Chinese Herbal Medicines. 4 (1) : 63-69.
- Mamouni A. 2002. Caprifigation: Potentialités et contraintes pour la production de figes sèches. Compt rendu de la journée scientifique et d'information sur le figuier. 42-51.
- Marinova D., Ribarova F., Atanassova M. 2005. Total phénolics and total flavonoïds in bulgarian fruits and vegetables. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy. 40 (3): 255-260.
- Martínez-García J. J., Gallegos-Infante J. A., Rocha-Guzmán N. E. Ramírez-Baca P., Candelas-Cadillo M. G. et González-Laredo R. F. 2013. Drying Parameters of Half- Cut and Ground Figs (*Ficus carica* L.) var. Mission and the Effect on Their Functional roperties. journal of Engineering. 1-8.
- Messaoudi S. 2005. Les plantes medicinales. Dar El Fiker. Tunis. Fiche n° 78.
- Nkhili E. Z. 2009. Polyphénols de l'alimentation: Extraction, interaction avec ions du fer et du cuivre, oxydation et pouvoire antioxydant. thèse de doctorat. p. 307.
- Omondi Owino W., Nakano R. Kubo Y. et Inaba A. 2004. Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 32 : 67–77.
- Ouaouich A. et Chimi H. 2005. Guide du secheur de figes, Maroc. Projet de développement du petit entreprenariat agroindustriel dans les zones péri-urbaines et rurales des régions prioritaires avec un accent sur les femmes au Maroc. pp.1-27.
- Ouchemoukh S., Hachoud S., Boudraham H. Mokrani A. et Louaileche H. 2012. Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. LWT-Food Science and Technology. 49 : 329-332.
- Oukabli A. 2002. Diversité génétique et choix des génotypes performants pour la culture du figuier *Ficus carica* L. au Maroc. Compt rendu de la journée scientifique et d'information sur le figuier. pp. 10-21.
- Oukabli A. 2003. Le figuier, un patrimoine génétique diversifié à exploiter. Trasfert de Technologie en Agriculture . (106) : 1-4.

- Oukabli A. 2006. Importance de la diversité génétique de la collection nationale du figuier. Bulletin trimestriel d'information du centre régional de la recherche agronomique de Tanger. (11) : 3.
- Pande G. et Akoh C. C. 2010. Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. Journal of Food Chemistry. 120 : 1067-1075.
- Patil V. V. et Patil V. R. 2011. *Ficus carica* Linn. An Overview. Research Journal of Medicinal Plant. 5 (3) : 246-253.
- Patil V., Bhanghale S. C. et Patil V. R. 2010. Evaluation of anti-pyretic potential of *Ficus carica* leaves. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. 2 : 48-50.
- Peterson J. et Dwyer J. 1998. Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. Nutrition Research. 18 (12) : 1995-2018.
- Pincemail J. et Defraigne J. O. 2003. Le coenzyme Q10 ou ubiquinone un antioxydant particulier. Vaisseaux, Coeur, Poumons . 8 (2) : 55-60.
- Pincemail J., Defraigne J. O., Limet R. et Meurisse M. 1998. a. antioxydants et prévention des maladies cardiovasculaires 2^{ème} partie: la vitamine E. Medi Sphere. 1-5.
- Pincemail J., Defraigne J. O., Meurisse M. et Limet R. 1998. b. Anti-oxydants et prévention des maladies cardiovasculaires: Caroténoïdes et vitamine A. Medi-Sphère. 1-4.
- Pincemail J., Meurisse M., Limet R. et Defraigne J. O. 1999. Espèces oxygénées activées, antioxydants et cancer. Medi-Sphère. 4 (4) : 1-4.
- Saeed A., Bhatti F. R., Khaliq F. H., Irshad S. et Madni A. 2013. A review on the prosperous phytochemical and pharmacological effects of *Ficus carica*. International Journal of Bioassays. 2 (5) : 843-849.
- Salas C. E., Marco T. R., Hernandez M. et Lopes M. T. P. 2008. Plant cysteine proteinases: Evaluation of the pharmacological activity. Phytochemistry. 69 : 2263-2269.
- Scimeca D. 2005. Plus jamais fatigué: le programme cliniquement prouvé pour celles et ceux qui se sentent à plat, stressé(e)s et boulimiques. Alpen Editions. pp. 117.

Sen F., Meyvaci K. B., Turanli F. et Aksoy U. 2010. Effects of short-term controlled atmosphere treatment at elevated temperature on dried fig fruit. *Journal of Stored Products Research*. 46 : 28-33.

Singh S. Tomar A. et Chandel H. S. 2012. Anti-inflammatory effect of hydroalcoholic extract of fruit of *Ficus carica*. *International Journal of Drug Research and Technology*. 2 (6) : 440-445.

Sirisha S., Sreenivasulu M., Sangeeta K. et Chetty C. M. 2010. Antioxidant properties of *Ficus* species a review. *International Journal of Pharmacy and Technical Research*. 2 (4) : 2174-2182.

Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grssman S., Bergman M., Gottlieb H. E., Altman A., Kerem Z. et Flashman M. A. 2006. Antioxidant Activities and Anthocyanin Content of Fresh Fruits of common Fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54 (20) : 7717-7723.

Stalin C., Dineshkumar P. et Nithiyananthan K. 2012. Evaluation of antidiabetic activity of methanolic leaf extract of *Ficus carica* in alloxan- induced diabetic rats. *Asian Journal of pharmaceutical and clinical Research*. 5 : 1-3.

Starr F., Starr K. et Loope L. 2003. *Ficus carica* Edible fig Moraceae. United States Geological Survey--Biological Resources Division Haleakala Field Station : 1-6.

Stoclet J.-C. 2010. Pourquoi s'intéresser aujourd'hui aux effets des flavonoïdes alimentaires sur la santé. *Compt rendu d'une conférence* : 1.

Teyssou R. 2007. Quatre siècles de thérapeutique médicinale du XVIe au XIXe siècle en Europe. L'Harmattan. Paris. pp. 74-127.

Thiedauld C. 1998. radicaux libres et croissance. L'enfant et le sport: Introduction à un traité de médecine du sport chez l'enfant. De Boeck Université. Paris. pp : 141-149.

Vallejo F., Marin J. G. et Tomá-Barberán F. A. 2012. phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). *Journal of Food Chemistry*. 130 : 485-492.

Veberic R., Colaric M. et Stampar F. 2008. Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food chemistry*. 106 : 153-157.

Yang X. M., Yu W., Ou Z. P., Ma H. L., Liu W. M., et Ji X. L. 2009, Mai. Antioxydant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from *Ficus carica* L. fruit. *Plant Foods Humun Nutrition* : 167-173.

Young-Soo L. et Cha J.D. 2010. Synergistic antibacterial activity of fig (*Ficus carica*) leaves extract against clinical isolates of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Korean Journal of Microbiolgy and Biotechnolgy*. 38 (4) : 405-413.

Zare H., Moosavi-Movahedi A. A., Salami M., Mirzaei M., Saboury A. A. et Sheibani N. 2012. Purification and autolysis of the ficin isoforms from fig (*Ficus carica* cv. Sabz) latex. *Phytochemistry*. 87 : 16-22.

Résumé

Le figuier *Ficus carica* est l'un des anciens arbres fruitier qui appartient à la famille des moracées. Il est cultivé dans les régions tropicales et subtropicales. Ses fruits sont riches en éléments nutritifs ainsi qu'en substances bioactives tels que les composés phénoliques, les caroténoïdes et les oligoéléments. Grâce à leur pouvoir antioxydant, ces substances interviennent dans la prévention et le traitement de diverses maladies telles que les cancers, le diabète et les inflammations. Bien que les études soient récentes, son usage traditionnel est connu depuis l'antiquité.

Mots clés : *Ficus carica*, figue, substances bioactives, effet thérapeutique.

Abstract

Fig (*Ficus carica*) is one of the elder cultivars trees which belongs to moraceae family. It grows in the tropical and subtropical regions. Its fruits are rich in nutritive elements as well as bioactive substances such as phenolic compounds, carotenoids and trace elements. Thanks to their antioxidant activity, these substances are implicated in the prevention and the treatment of various diseases such as cancers, diabetes, and inflammation. Although the studies are recent, its traditional use is known since antiquity.

Key words: *Ficus carica*, fig, bioactive compounds, therapeutic effect.