

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ABDERRAHMANE MIRA - BEJAIA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Physico-Chimique

Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière: Biologie

Option : Biochimie Appliquée

Thème

Effet de température et durée de conservation sur la qualité, les teneurs en composés phénoliques et l'activité antioxydante de deux confitures traditionnelles de figue sèche et de jujube

Membres de jury :

Présidente : M^{elle} TAHIRI O. (MAA)

Promotrice : M^{me} ALIOUI ZEMOURI S. (MAB)

Examineurs: M^{me} BENNAI BERRI Y. (MAB)

M^r BACHIR BEY M. (MAA)

Invité: M^r LADJOUZI R. (MAB)

Présenté par:

M^{elle} : KADRI Nadjat

M^{elle} : KELLOU Hanane

Année Universitaire : 2013/2014



Remerciements



Avant tout, nous remercions le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné la foi qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire.

Au terme de la réalisation de ce travail, nous remercions vivement notre promotrice M^{me} ALIOUI-ZEMOURI S. pour son encadrement étroit, pour tout le temps et les efforts qu'elle a déployés, pour ses conseils fructueux qu'elle n'a cessé de nous prodiguer avec bienveillance ainsi que pour son orientation et sa gentillesse tout le long de la réalisation de notre travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à M^{elle} TAHIRI O. Pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider le jury de notre soutenance
Nos remerciements s'adressent également au M^r BACHIR BEY M. et M^{me} BENNAI-BERRY Y. Pour nous avoir fait l'honneur d'examiner ce modeste travail.
Nos sincères remerciements s'adressent aussi à M^r LADJOUZI R, Pour son aide et son orientation.

Nous exprimons notre gratitude à madame le professeur LOUAILECHE H. directrice du laboratoire de Biochimie Alimentaire, et l'ensemble du personnel du laboratoire Pour leur aide accompagnée de sympathie et d'encouragements.

Enfin, on tient à exprimer toute notre reconnaissance à nos familles, nos amis proches, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.



Dédicaces



A ceux qui ont donné un sens à mon existence, Qui m'ont indiqué la bonne voie et

Qui ont attendu les fruits de ma bonne éducation, à ceux qui m'ont

Soutenu jours et nuits, et durant toute mes années d'études

A vous très chers parents.

Ma sœur chérie: MOUFIDA qui ma toujours aidé durant toute mes année d'étude

Ma sœur chérie SIHEM et son marie HAKIM ainsi que mes chaleureuse nièces

LITICIA, YASMINE et AMEL.

Mes frères : MOKHTAR, RAFIK et sa femme SORAYA et son petit fils adorable

AKLI.

Mes cousins et cousines.

Mes amies : HAFIDA, HANANE, SAMIRA, SARA, KAHINA , SABRINA et

REBIHA.

Mon binôme HANANE ainsi que toute sa famille.

A toute la promotion de Biochimie Appliquée 2013 /2014.

Et pour toutes les personnes qui m'ont soutenu jusqu'à la fin.

Nadjet



Dédicaces



A ceux qui ont donné un sens à mon existence, Qui m'ont indiqué la bonne voie et qui ont attendu les fruits de ma bonne éducation, à ceux qui m'ont soutenu jours et nuits, et durant toutes mes années d'étude

A vous très chers parents : ZOUBIR et FARIDA

Mes formidables frères et sœurs : SALIM, SAMIR, SOUFIEN, KARIM, ROSA et CHERIFA qui ravivent ma vie par leurs joies et présences à mes cotés

A ces personnes, je dédie mon travail «sans vous je ne serai pas là aujourd'hui. Vous Avez fait de moi ce que je suis, je ne sais pas si le résultat est bon, mais au moins, je sais que pour vous ça vous va, et c'est capital à mes yeux».

Je dédie aussi ce modeste travail à mon cher fiancé SEDDIK que j'aime, mon ange gardien, qui m'encourage. Que dieu le garde pour moi

A mon oncle JUGOURIA qui a toujours été là pour me soutenir et me conseiller. Merci pour tout.

A toute ma famille proche et loin que soit-elle

A mon binôme NADJET ainsi qu'à toute sa famille

A toutes mes amies : KARIMA, SALIMA, AMINA, LAMIA, ZAKIA, NADJET et JOUDI qui mon tant fait rire et remonter le moral

A toute la promotion de Biochimie Appliquée 2013 /2014

Et pour toutes les personnes qui m'ont soutenu jusqu'à la fin.

HANANE

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I: Stress oxydatif et le système antioxydant

I.1. Radicaux libres.....3

I.2. Espèces réactives de l'oxygène.....3

I.3. Sources des espèces réactives de l'oxygène.....4

 I.3.1. Sources endogènes.....4

 I.3.2. Sources exogènes.....5

I.4. Stress oxydatif.....6

I.5. Antioxydants.....6

 I.5.1. Définition.....6

 I.5.2. Types d'antioxydants.....7

 I.5.2.1. Antioxydants synthétiques.....7

 I.5.2.2. Antioxydants naturels.....7

I.6. Antioxydants des fruits.....8

 I.6.1. Acide ascorbique (Vitamine C).....8

 I.6.2. Caroténoïdes.....9

 I.6.3. Composés phénoliques.....10

 I.6.3.1. Biosynthèse des composés phénoliques.....11

 I.6.3.2. Classification des composés phénoliques.....11

 I.6.3.3. Propriétés antioxydantes des composés phénoliques.....14

Chapitre II: Les fruits et leurs propriétés

II.1. Jujube (<i>Ziziphus jujuba</i>).....	15
II.1.1. Description.....	15
II.1.2. Classification botanique.....	16
II.1.3. Composition chimique.....	16
II.1.4. Utilisation du jujube.....	17
II.2. Figue (<i>Ficus carica</i>).....	18
II.2.1. Généralités.....	18
II.2.2. Description.....	18
II.2.3. Classification botanique.....	19
II.2.4. Composition chimique.....	19
II.2.5. Séchage	21
II.2.6. Usage et effets thérapeutiques de figue sèche.....	22

Chapitre III: La conservation des fruits et la confiture

III.1. Conservation des fruits.....	23
III.1.1. Techniques de conservation des fruits.....	23
III.2. Confiture.....	25
III.2.1. Historique.....	25
III.2.2. Définition.....	25
III.2.3. Type de confitures.....	25
III.2.4. Principaux ingrédients de confiture.....	26
III.2.5. Etapes de fabrication industrielle de confiture.....	27
III.2.6. Composition chimique.....	29
III.3. Effet des conditions de stockage sur les confitures.....	29

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

I. Echantillonnage.....	32
II. Humidité.....	33
III. Paramètres physico-chimiques.....	34
III.1. pH.....	34
III.2. Acidité titrable.....	34
III.3. Indice réfractométrique (Brix).....	34
III.4. Couleur.....	35
IV. Dosage des antioxydants.....	35
IV.1. Préparation des extraits.....	35
IV.2. Dosage des polyphénols totaux.....	35
IV.3. Dosage des flavonoïdes totaux.....	36
V. Activité antioxydante.....	36
V.1. Activité antiradicalaire.....	36
V.2. Pouvoir réducteur.....	36
VI. Analyse statistique.....	37

Résultats et discussion

I. Humidité.....	38
II. Paramètres physico-chimiques.....	40
II.1. PH.....	40
II.2. Acidité titrable.....	42
II.3. Indice réfractométrique.....	44
II.4. Couleur.....	46

III. Antioxydants.....	48
III.1. Polyphénols totaux.....	48
III.2. Flavonoïdes.....	51
IV. Activité antioxydante.....	54
IV.1. Activité antiradicalaire.....	54
IV.2. Pouvoir réducteur.....	57
Conclusion.....	59
Références bibliographiques.....	61
Annexe.....	73

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
01	Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie.	06
02	Mécanisme réactionnel des antioxydants enzymatiques	08
03	Structure de la vitamine C	08
04	Structure de quelques caroténoïdes présents dans les aliments.	10
05	Structure de base des composés phénoliques.	10
06	Structure chimique de l'acide phénolique.	12
07	Structure de base des flavonoïdes.	12
08	Structure de base des flavonols	13
09	Structure de base des flavanols	13
10	Structure de base des anthocyanines	14
11	Propriétés antiradicalaires des polyphénols	14
12	Le fruit du jujube	15
13	(A) coupe transversale du synconium d'une figue. (B) photographie de figue sèche	19
14	Processus technologique de fabrication d'une confiture	27
15	Transformation des composés phénoliques par des enzymes	31

16	Humidité des broyats des fruits et leurs confitures	39
17	Evolution de l'humidité des confitures analysées au cours de la conservation	39
18	pH des broyats des fruits et leurs confitures	41
19	Evolution du pH des confitures analysées au cours de la conservation	41
20	Acidité des broyats des fruits et leurs confitures	43
21	Evolution de l'acidité titrable des confitures analysées au cours de la conservation	43
22	Indice réfractométrique des broyats des fruits et leurs confitures	45
23	Evolution de l'indice réfractométrique des confitures analysées au cours de la conservation	45
24	Couleur des broyats des fruits et leurs confitures	47
25	Evolution de la couleur des confitures analysées au cours de la conservation	47
26	Teneurs en polyphénols des broyats des fruits et leurs confitures	50
27	Evolution des teneurs en polyphénols totaux des confitures analysées au cours de la conservation	50
28	Teneurs en flavonoïdes des broyats des fruits et leurs confitures	53
29	Evolution des teneurs en flavonoïdes des confitures analysées au cours de la conservation	53
30	Activité antiradicalaire des broyats des fruits et leurs confitures	56
31	Evolution de l'activité antioxydante des confitures analysées au cours de la conservation	56
32	Pouvoir réducteur des broyats des fruits et leurs confitures	58
33	Evolution du pouvoir réducteur des confitures analysées au cours de la conservation	58

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
I	Principales espèces réactives de l'oxygène générées dans les systèmes biologiques	03
II	Composition du <i>Ziziphus Jujuba</i> par 100g de matière fraîche	16
III	Composition de la figue fraîche en éléments nutritionnels	21
IV	Composition chimique de la confiture	29
V	Echantillons des confitures analysées	33

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EAG : Equivalent acide gallique

EQ : Equivalent quercitine

ERO : Espèce réactive de l'oxygène

G6PD : Glucose-6-phosphate déshydrogénase

GSH : Glutathion réduit

GSSG : Glutathion oxydé

pH : Potentiel hydrogène

PP : Polyphénols

PPO : Polyphénol oxydase

rpm : Rotation par minute

Introduction

L'oxygène est une molécule essentielle à la vie aérobie des organismes. En effet, c'est la respiration qui permet aux êtres vivants de produire l'énergie nécessaire à la croissance et à leur métabolisme cellulaire. Cependant, toutes réactions impliquant l'oxygène et un système réducteur de transfert d'électrons est susceptible de produire des dérivés toxiques appelés "les radicaux libres". En conséquent, l'accumulation de ces derniers dans l'organisme provoquent des effets néfastes au niveau d'ADN, des protéines, des acides gras (**Pincemail *et al.*, 1998**).

Un déséquilibre entre la production et la destruction des radicaux libres par des systèmes de défense antioxydant, provoque un stress oxydatif. (**Pincemail *et al.*, 2007**). Ce phénomène engendre de nombreuses pathologies telles que les maladies neurodégénératives, les cancers et les maladies cardiovasculaires (**Milane, 2004 ; Fontaine *et al.*, 2002**).

Pour se protéger au mieux contre ces radicaux libres, il est indispensable de garder l'équilibre de la balance oxydants/antioxydants. Pour cela, l'organisme dispose d'un système antioxydant très complexe. Néanmoins, une consommation riche en antioxydants est nécessaire pour rétablir un tel déséquilibre en faveur des antioxydants. Ces derniers sont présents principalement dans les fruits et légumes (**Favier, 2003**).

Plusieurs études ont démontré la relation directe entre la consommation des fruits et légumes et la diminution du niveau du stress oxydatif (**Liu *et al.*, 2000**).

La consommation des fruits a augmenté depuis les années 90 (**Amiot carlin *et al.*, 2007**). Cette tendance s'explique essentiellement par une augmentation de la consommation en fruits transformés. Les principaux produits issus de la transformation des fruits sont les concentrés, les jus, les purées et les confitures. Ce besoin de transformation s'est imposé dans le but d'augmenter sa valeur nutritive, et de prolongé la durée de consommation des fruits (**Colin-Henrion, 2008**).

Depuis l'Antiquité, l'Homme a recherché tous les moyens pour conserver sa nourriture, a fin de préserver sa comestibilité et ses propriétés gustatives et nutritives en empêchant le développement des microorganismes qui en contient et

qui peuvent, dans certains cas, entraîner une intoxication alimentaire (**Boumendjel, 2005**).

La confiture est considérée comme un premier effort pour conserver les fruits. Elle est obtenue par cuisson des fruits avec des sucres et d'autres ingrédients (**Sophie et Sabulard, 2012**). La conservation des confitures est une étape importante entre la fabrication et la consommation. Elle sert notamment à empêcher la croissance des microorganismes et de maîtriser la détérioration de la qualité des produits dans le but de prolonger la durée de vie des produits alimentaires (**Morgane, 2013**).

Cette présente étude vise à mieux comprendre. Le contenu de ce travail est divisé en deux parties principales :

La première partie de ce manuscrit est consacrée à une synthèse bibliographique comportant trois chapitres: Le premier chapitre concerne une vue générale sur le stress oxydatif et le système antioxydant. Le second chapitre présente des généralités sur les fruits (jujube et figue sèche). Le dernier chapitre présente les différentes méthodes de conservation des fruits ainsi que l'effet de stockage sur les confitures. La deuxième partie de ce travail consiste en une étude expérimentale qui a pour objectif:

- ❖ Etude des paramètres physico-chimiques des deux confitures.
- ❖ Dosage des antioxydants (poly phénols et flavonoïde) ainsi que l'évaluation de la capacité antioxydante (pouvoir réducteur, activité anti-radicalaire) de deux variétés de confitures (*Jujube et figue sèche*).
- ❖ suivre leur évolution au cours de la conservation à 5°C, 25°C et 35°C durant 50 jours.

Chapitre I : Le stress oxydatif et le système antioxydant

I.1. Radicaux libres

Un radical libre désigne une espèce chimique, atome ou molécule, ayant un ou plusieurs électrons non appariés, ce qui confère à ces molécules une extrême réactivité. En effet, ce radical libre aura toujours tendance à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable (**Fang et al., 2002**).

I.2. Espèces réactives de l'oxygène

L'appellation "espèces réactives de l'oxygène" inclut les radicaux libres de l'oxygène (radical superoxyde, radical hydroxyle, monoxyde d'azote...etc) (Tableau I) mais aussi certains dérivés réactifs non radicalaires dont la toxicité est plus importante tels que le peroxyde d'hydrogène et le peroxyde d'azote (**Bartosz, 2003**). Les Espèces réactives de l'oxygène (*ERO*) sont des composés hautement réactifs qui résultent de la réduction univalente de l'oxygène moléculaire suite aux activités métaboliques de la cellule. En effet, ces molécules interagissent directement avec des cibles cellulaires telles que l'ADN, les protéines ou les lipides membranaires, entraînant ainsi un arrêt de la croissance ou même la mort cellulaire (**Favier, 2003**).

Tableau I : Les principales espèces réactives de l'oxygène générées dans les systèmes biologiques (**Bartosz, 2003**).

Nom	Symbole
Espèces radicalaires	
Anion superoxyde	$O_2^{\circ-}$
Radical hydroxyle	OH°
Monoxyde d'azote	NO°
Espèces non radicalaires	
Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2
Acide hypochlorique	$HOCl$
Peroxyde d'azote	$ONOO^-$

I.3. Sources des espèces réactives de l'oxygène

Les *ERO* sont produites dans l'organisme par un grand nombre de mécanismes tant endogènes qu'exogènes (Figure 1).

I.3.1. Sources endogènes

✓ **Mitochondrie**

Les mitochondries sont des organites responsables de la respiration cellulaire. Pendant ce phénomène, l'oxygène (O_2) joue un rôle de récepteur final des électrons transportés au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale (**Garait, 2006**). Cependant, une proportion significative de l'oxygène (2% à 6%) échappe à la réduction complète en H_2O et subit une réduction mono-électronique pour donner naissance à l'anion superoxyde ($O_2^{\circ-}$) (**Carrière, 2006**).

✓ **Cytochrome P450**

Le cytochrome P450 est une famille d'enzyme associée à la face interne du réticulum endoplasmique qui ont pour fonction l'oxyde d'un grand nombre de composés organiques et les xénobiotiques, produisant ainsi des *ERO*. Il semble que cette production radicalaire régule certaines fonctions du réticulum endoplasmique (**Garait, 2006**).

✓ **Peroxisomes**

Les peroxysomes sont une importante source de production du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) cellulaire (**Boveris et al., 1972**). Toutefois, l' H_2O_2 est utilisé comme substrat de la catalase peroxysomale (enzyme antioxydante) afin de réaliser des réactions de peroxydation d'autres substrats. Ces réactions sont importantes dans le processus de détoxification présent dans le foie et le rein. Seule une faible quantité d' H_2O_2 produit au niveau du peroxysome pourrait échapper à la catalase (**Servais, 2004**).

✓ **NADPH oxydase**

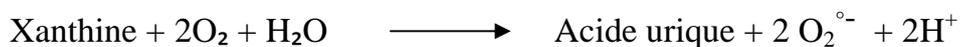
Un complexe enzymatique formé de plusieurs sous unités, joue un rôle fondamental dans la réponse immunitaire et plus précisément dans la lutte contre les

micro-organismes (Servais, 2004). En effet, Cette enzyme est activée lorsque la cellule phagocytaire est stimulée pour produire l'anion superoxyde ($O_2^{\circ-}$) Cette production est à l'origine de la synthèse de molécules comme le H_2O_2 ou l'hypochlorite (ClO^-) indispensables à la digestion du matériel phagocyté (Babior et al, 2002).



✓ **Xanthine oxydase**

La xanthine oxydase catalyse la dégradation de l'hypoxanthine en acide urique en condition de forte demande d'ATP et de déficit en oxygène. Cette enzyme peut également catalyser l'oxydation de la xanthine en acide urique, notamment lors d'ischémie-reperfusion ou d'hypoxie. Dans cette réaction, l'oxygène moléculaire agit comme un accepteur d'électron produisant ainsi l' $O_2^{\circ-}$ (Garait, 2006).



I.3.2. Sources exogènes

Plusieurs facteurs physiques ou chimiques peuvent contribuer soit directement ou indirectement à la formation des *EROs* dans la cellule. A titre d'illustration on peut évoquer :

- Les rayonnements et les radiations
- les particules inhalées (amiante, silice)
- L'ingestion d'alcool
- Certains produits chimiques tels que les pesticides, et les solvants.

Ces facteurs induisent la dérégulation du métabolisme mitochondrial par une augmentation massive des réactions ce qui se traduit par une production excessive de radicaux libres dans l'organisme (Bonnefis, 2005 ; Milane, 2004).

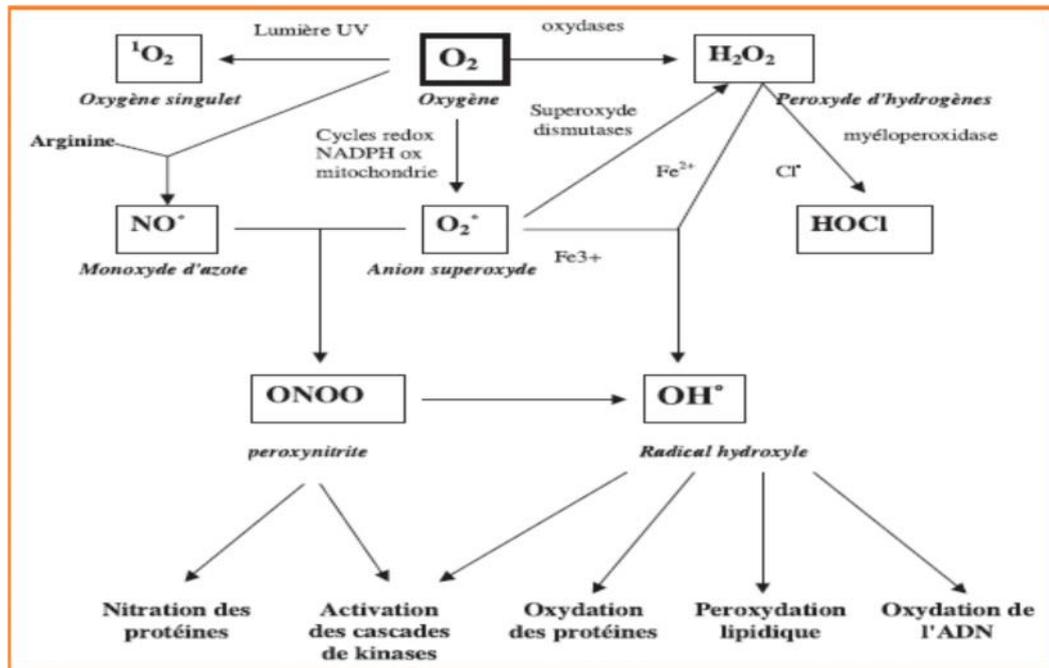


Figure 1 : Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Favier, 2003).

I.4. Stress oxydatif

Le stress oxydatif désigne un état de déséquilibre cellulaire de la balance molécules oxydantes/antioxydantes, Ce déséquilibre est en faveur de la production de radicaux libres qui conduit à une oxydation accrue des composants cellulaires (Servais, 2004). Le stress oxydant sera la principale cause initiale de plusieurs pathologies telles que les maladies neurodégénératives, les cancers et les maladies cardiovasculaires (Fontaine *et al.*, 2002).

I.5. Antioxydants

I.5.1. Définition

Un antioxydant peut être défini comme étant une substance pouvant significativement retarder ou inhiber l'oxydation d'un substrat réactif. Ces substances, présentes à faibles concentrations par rapport à leurs substrats, ont la capacité de protéger le corps contre des dommages causés par les radicaux libres (Esteki et Urooj, 2012).

I.5.2. Types d'antioxydants

I.5.2.1. Antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques tels que le BHT (hydroxytoluène butylé),

BHA (hydroxyanisole butylé), et TBHQ (butylhydroquinone tertiaire) ont été généralement employés pour empêcher l'oxydation des graisses et des nourritures huileuses. Les antioxydants synthétiques sont utilisés pour augmenter la stabilité, et la qualité du produit (**El-Haci et al., 2009**).

I.5.2.2. Antioxydants naturels

L'organisme possède des systèmes de défense très efficaces, de deux types : les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques :

❖ Antioxydants enzymatiques

L'organisme humain possède des systèmes anti radicalaires naturels. Les principaux mécanismes de défenses sont constitués par des enzymes (Figure 2) :

➤ Superoxyde dismutase (SOD)

C'est une enzyme qui catalyse la dismutation de l'anion superoxyde en Peroxyde d'hydrogène qui pourra être pris en charge par des enzymes à activité peroxydase (**Servais, 2004**). Le superoxyde dismutase (SOD) diminue la durée de vie de l'anion superoxyde (**Pincemail et al., 1998**).

➤ Catalase

La catalase est une enzyme responsable de l'élimination d' H_2O_2 par une transformation en H_2O et O_2 , Cette enzyme est abondante dans le foie et les globules rouges. Elle se retrouve préférentiellement dans les peroxysomes et également à faible quantité dans le cytosol. (**Garait, 2006**).

➤ Glutathion peroxydase (GPx) et réductase (GR)

Ces deux enzymes sont localisées dans le cytosol et dans les mitochondries. Elle fait partie d'un système antioxydants qui joue un rôle dans la protection de la cellule contre les espèces réactives de l'oxygène, par sa capacité de conjuguer le glutathion avec les composés électrophiles et la réduction des peroxydes d'hydrogène (**Sorg, 2004**).

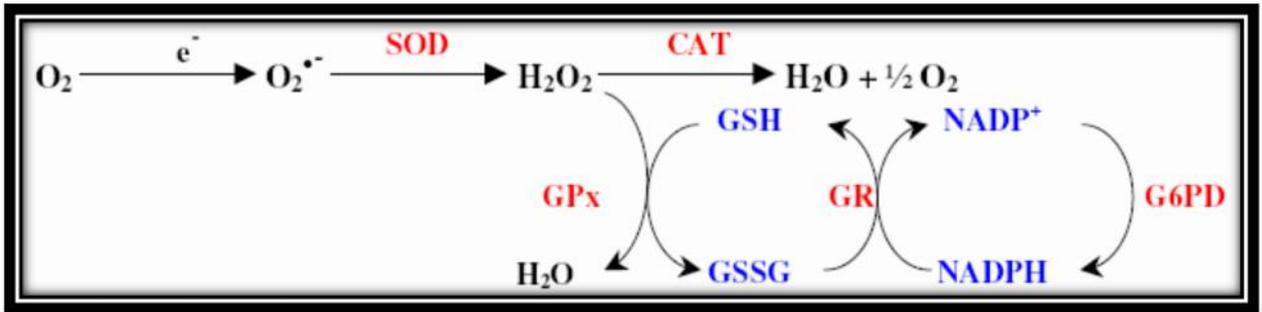


Figure 2 : Mécanisme réactionnel des antioxydants enzymatiques (Sorg, 2004).

❖ **Antioxydants non enzymatiques**

Ce groupe des antioxydants renferme les protéines de séquestration des métaux, qui agissent en diminuant la disponibilité d'agents pro-oxydants, comme Fe²⁺/Fe³⁺ ou Cu²⁺/Cu⁺ (ex : la transferrine, la ferritine, l'albumine, caeruloplasmine...etc.). D'autres molécules à faible poids moléculaire agissent également comme des cofacteurs d'enzymes antioxydantes soit comme antioxydant propre (Zoughlache, 2009).

I.6. Antioxydants des fruits

I.6.1. Acide ascorbique (Vitamine C)

L'acide L-ascorbique est un antioxydant hydrosoluble, connu pour son rôle dans plusieurs fonctions biologiques et il existe sous sa forme réduite (acide ascorbique) ou oxydée (acide déshydroascorbique) (Figure 3). Comme l'acide ascorbique n'est pas synthétisé par l'organisme, il doit être apporté par les fruits et les légumes (Iqbel *et al.*, 2004).

L'acide ascorbique est un bon piègeur des *ERO* protégeant ainsi plusieurs molécules biologiques (protéine, acides gras et ADN) de l'oxydation (Millane, 2004).

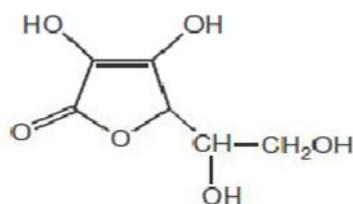


Figure 3 : Structure de la Vitamine C (Massot, 2010).

I.6.2. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des composés très répandus dans la nature, retrouvés dans les fruits et les légumes et sont responsables de leur coloration jaune, orange et rouge (San *et al.*, 2010). Ces pigments liposolubles contiennent une chaîne centrale hautement polyinsaturée (Figure 4).

Ils sont répartis en deux grandes classes :

- Les carotènes formés d'une chaîne hydrocarbonée (α -carotène, β -carotène) comportant plusieurs doubles liaisons qui leur confère une coloration pouvant aller du jaune au rouge.
- Les xanthophylles sont des pigments dérivant des carotènes par oxydation et ont des groupements hydroxyles sur le cycle (Tchongouang Diene, 2007).

La structure polyène des caroténoïdes leurs permet d'absorber la lumière et de neutraliser l'oxygène singulet. De plus, ils jouent un rôle important dans la protection contre les radicaux hydroxyls et l'anion superoxyde. Les caroténoïdes sont impliqués dans la prévention contre de nombreux types de cancer : cancer de la prostate ; cancer du poumon...etc. (Mohammedi, 2006).

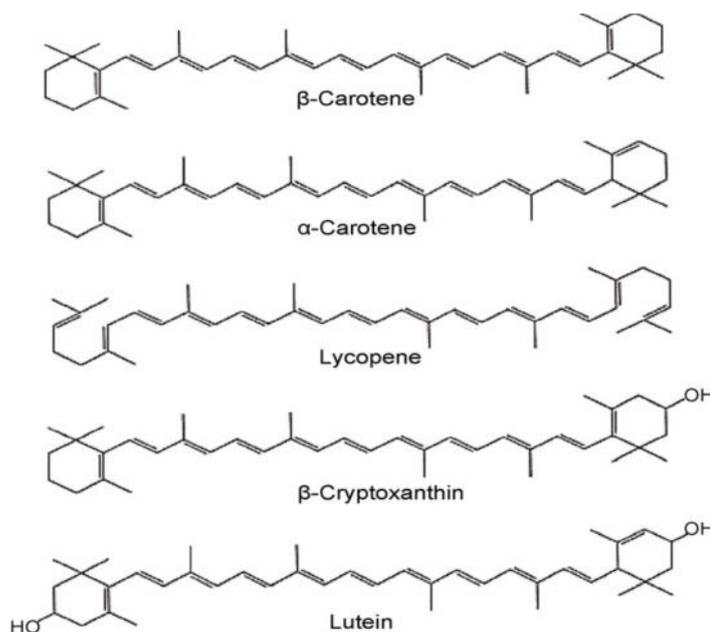


Figure 4: Structure de quelques caroténoïdes présents dans les aliments (Cortés *et al.*, 2004).

I.6.3. Composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols (PP) sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, caractérisés par la présence d'un cycle aromatique à 6 atomes de carbone, portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec des glucides (Figure 5) (Robards *et al.*, 1999). Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) (Dupas, 2005). comportant des structures et des fonctions très différentes.

Les composés phénoliques sont des molécules biologiquement actives, ils sont largement utilisés en thérapeutique comme vasoconstricteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants antiradicalaires, et antimicrobiens (Zoughlache, 2009).

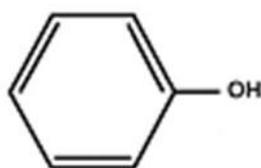


Figure 5 : Structure de base des composés phénoliques (Bellow, 2012).

I.6.3.1. Biosynthèse des composés phénoliques

Les polyphénols sont principalement synthétisés à partir de deux voies biosynthétiques :

➤ **Voie des shikimates**

C'est la voie de l'acide shikimique, qui conduit après trans-amination des oses aux acides aminés aromatiques et ensuite désamination de ces derniers aux acides cinnamiques et à leurs nombreux dérivés parmi eux les phénols simples (**Bruneton, 2009**).

➤ **Voie des acétates**

Cette voie elle conduit à des poly-acétates de longueurs variables conduisant par cyclisation à des composés polycycliques : quinones, xanthone.

La diversité structurale des composés polyphénoliques due à cette double origine biosynthétique, est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte, les flavonoïdes (**Bruneton, 2009**).

I.6.3.2. Classification des composés phénoliques

Le terme "composé phénolique" couvre une association très vaste et diversifié de produits chimiques. Ces polyphénols sont classés en différents groupes selon le nombre de noyaux aromatiques qui les composent et les éléments qui les relie (**Tsao, 2010**).

Ces composés peuvent être divisés en 10 classes différentes au moins selon leur structure chimique de base (**Mohammedi, 2006**). L'étude des polyphénols de différents fruits a mis en évidence l'existence des :

- ✓ Acides phénoliques simples
- ✓ Flavonoïdes et ces dérivés ((flavonols, flavanols, anthocyanines,..., etc.)
- **Acides phénoliques**

Les acides phénoliques sont contenus dans un certain nombre de fruits et de légumes, ils sont considérés comme des substances phytochimiques avec des effets antioxydants (Figure 6) (**Mohammadi, 2006**).

Les acides phénoliques appartiennent à deux classes : Acides hydroxybenzoïques et acide hydroxycinnamiques (Vebric *et al.*, 2008).

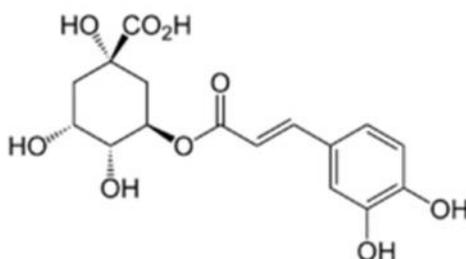


Figure 6 : Structure chimique d'un acide phénolique (Lawson, 2006).

- **Flavonoïdes**

Les flavonoïdes représentent une très large gamme de composés naturels (composés phénoliques), ils sont considérés comme des pigments universels des végétaux, dont plusieurs sont responsables de couleur vive des fleurs, des fruits et des feuilles (Haytowitz, 2013). Ces molécules sont donc des polyphénols complexes dont la structure est constituée de deux noyaux aromatiques qui désignent les lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygéné, qui désigne la lettre C (Mohammadi, 2006) (Figure 7).

Les flavonoïdes sont considérés comme des micronutriments importants puisqu'ils peuvent jouer des rôles antioxydants ou posséder des propriétés biologiques diverses (Milane, 2004).

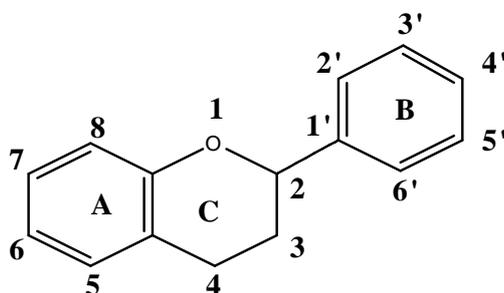


Figure 7 : Structure de base des flavonoïdes (Manach *et al.*, 2004).

❖ Classification des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont classés par leur structure chimique en plusieurs catégories : Les flavones, flavonols, flavanols, isoflavones, les anthocyanidines (Zoughlache, 2009).

• Flavonols

Les flavonols (Figure 8) se distinguent par la présence d'un groupement OH en position C-3, ces composés sont les plus omniprésents dans les aliments, la quercétine et le keampférol étant largement les plus abondants. (Manach *et al.*, 2004).

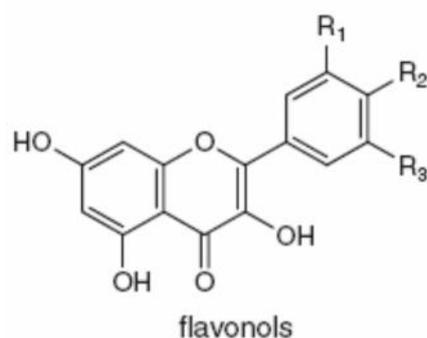


Figure 8: Structure de base des flavonols (Perron et Brumaghim, 2009).

• Flavanols

Les flavanols (Figure 9) sont constitués de monomère (catéchine) et forment de polymère (proanthocyanidine). La catéchine est retrouvée dans différents types de fruits (Manach *et al.*, 2004).

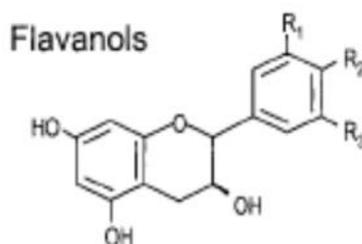


Figure 9 : Structure de base des flavanols (Manach *et al.*, 2004).

• Anthocyanines

Les Anthocyanines (Figure 10) sont des pigments qui participent à la coloration de certaines parties des plantes (fleurs, fruits, feuilles) en bleu, rouge et

mauve. Ils sont caractérisés par l'engagement de l'hydroxyle en position 3 dans une liaison hétérosidique (Bruneton, 2009).

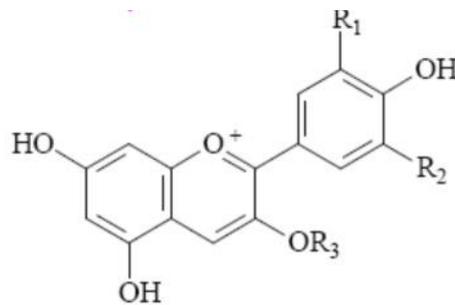


Figure 10 : Structure de base des anthocyanines (Perron et Brumaghim, 2009).

I.6.3.3. propriétés antioxydantes des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des molécules biologiquement actives, largement utilisés en thérapeutique comme vasoconstricteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants et antiradicaux, antimicrobiens et participent à la prévention contre des maladies cardio-vasculaires (Zoughlache, 2009).

En plus de leur rôle important dans certaines propriétés sensorielles, plusieurs études ont souligné que beaucoup d'entre eux montrent des activités biologiques liées à leurs propriétés antioxydantes et antiradicalaires, grâce à la mobilité de l'hydrogène phénolique, les composés phénoliques sont capables de piéger les radicaux libres oxygénés en particulier les radicaux peroxydes (ROO·), alkoxydes (RO·), superoxydes (O₂^{·-}) et les hydroxyles (·OH) (Ojeil *et al.*, 2010).

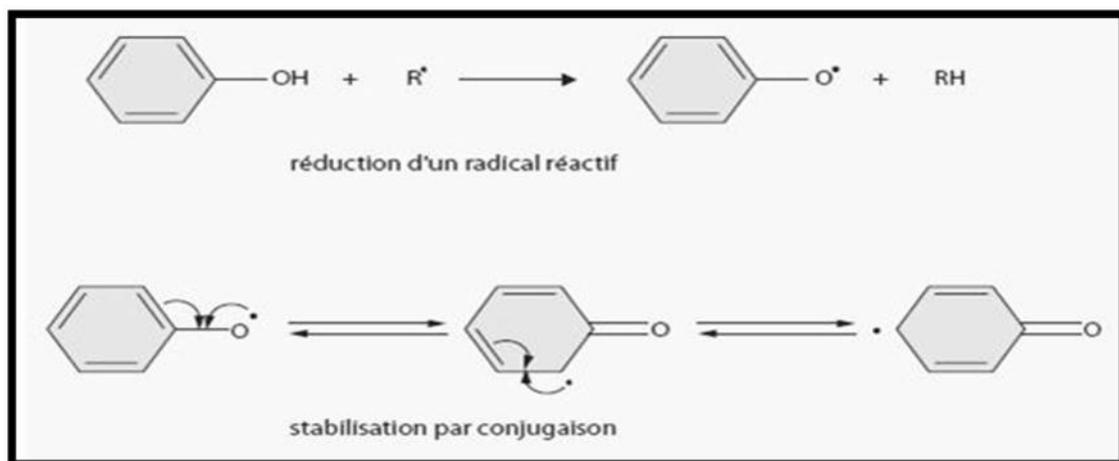


Figure 11: Propriétés anti radicalaires des polyphénols (Rolland, 2004).

Chapitre II : Les fruits et leurs propriétés

II.1. Jujube (*Ziziphus jujuba*)

II.1.1. Description

Le jujubier est un arbuste fruitier forestier, originaire de chine. Il est cultivé en Asie du Sud tropicale et en Afrique du nord (**Koné et al., 2009**).

Ziziphus jujuba ou jujube (datte chinoise) c'est une espèce épineuse appartenant à la famille des Rhamnaceae. (**Koné et al., 2009**), Il forme des touffes de quelques mètres de diamètre pouvant atteindre 2 m de hauteur. Ses fruits sont des drupes à noyaux soudés, de couleur jaune doré à rouge en phase de maturité (Figure 12), dont le diamètre est compris entre 1 à 2 cm. Les jujubes contiennent une pulpe charnue ou sèche, à saveur sucrée à acidulée (**Danthu et al., 2000**).



Figure 12: le fruit du jujube (**Pareek, 2013**).

L'écorce est de couleur grise à brune, peu fissurée, rougeâtre à l'intérieur. Les rameaux sont tomenteux, blanchâtres, en zigzag. Ils portent des épines disposées par deux à l'aisselle des feuilles : l'une, est droite et effilée, un peu orientée vers le haut, l'autre en crochet un peu plus courte, plutôt orientée vers le bas. Les feuilles sont alternées, à forme très variable, elliptiques, ovales à marges entières. Chaque feuille porte à sa base deux stipules transformées en épine inégale et vulnérable (**Depommier, 1988**).

II.1.2. Classification botanique

Règne : plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous- embranchement : Angiospermes

Division : Magnoliopsida

Ordre : Rhamnoles

Famille : Rhamnacées

Genre : *Zizyphus*

Espèce : *Ziziphus jujuba* (Gilman *et al.*, 1994).

II.1.3. Composition chimique

Le jujube fait partie des principales sources de micronutriments nécessaires à l'équilibre alimentaire, ils jouent un rôle nutritif comme complément alimentaire en fournissant des vitamines et des sels minéraux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme (Boudraa *et al.*, 2010).

La composition chimique du jujube fraiche est indiquée dans le Tableau II. Ce fruit contient des quantités appréciables en protéines et en sucres solubles.

Tableau II: composition chimique du *ziziphus jujuba* par 100g de matière fraiche (Depommier, 1988).

Composant	Teneur
Humidité	64 à 85 %
Protéines	4,75 à 6,86 %
Lipides	0,1 à 0,3 %
Sucres et amidon	20 à 32 %
Matières minérales	0,4 à 0,7 %
Valeur calorifique	55 à 135 cal /100g

II.1.4. Utilisation du jujube

Ziziphus jujuba, est un fruit à usage multiple, il est utilisé dans l'alimentation comme dans la pharmacopée traditionnelle.

➤ **Usage alimentaire**

Les fruits du jujube sont souvent consommés frais ou bien transformés en conserve, ou en confiture (**Danthu et al., 2000**), cependant la pulpe séchée de ce fruit peut être réduite en pâte ou en poudre pour différentes utilisations alimentaires telle que: la fabrication de pains, de biscuit, des boissons rafraichissantes ou hydromel (**Koné et al., 2009**). Le jujube est également utilisé comme additif alimentaire ou comme arôme (**Fooladi et al., 2002**).

➤ **Usage thérapeutique**

Les recherches actuelles sur les activités pharmacologiques de différentes espèces du *Zizyphus* ont mis en évidence certains effets de grande importance pour la médecine moderne et traditionnelle (**Zoughlache, 2009**). D'ailleurs les fruits du jujube sont décrits comme adoucissants, utilisées dans le traitement de plusieurs pathologies : les hémorragies après les accouchements et aussi contre les ulcères phagédéniques, les hémorroïdes, les diarrhées, douleurs abdominales, indigestion, fièvre, empoisonnement, les vomissements, les maux de ventre et les plaies. De plus, ce fruit est recommandé en cas d'avitaminose (**Depommier, 1988**).

Dans la médecine traditionnelle chinoise, le jujube est considéré comme une plante médicinale qui joue un rôle analeptique (**Fooladi et al., 2002**), cette plante est aussi utilisés pour arrêter les nausées et pour soulager les douleurs abdominales pendant la grossesse (**Goyal et al ., 2012**).

II.2. Figue (*Ficus carica*)

II.2.1. Généralités

La figue, fruit de régions ensoleillées, a connu un grand succès au sein de la population mondiale. Qu'elle soit sèche ou fraîche, sa saveur particulière et sa texture originale la rendent attirante (**Haesslein et Oreiller, 2008**).

La figue est un fruit très anciennement connu dans le monde, et son histoire commence depuis l'antiquité. Elle est reconnue comme fruit sacré et figure dans tous les livres saints. Elle est citée dans la "Sourate Attine" du Coran. La culture des figues en Anatolie remonte à 3000-2000 ans avant Jésus Christ (**Jeddi, 2009**).

Le figuier dont le nom botanique est *Ficus carica* L est un qualificatif générique qui désigne verveine pour *Ficus* (le lait de figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie connue par la culture de la figue (**Oukabli, 2003**).

Il existe un grand nombre de variétés de figue, dont les trois sortes principales qui sont : les jaunes (figue grasse), les blanches (marseillaises) et les violettes (**Roger, 2002**).

II.2.2. Description

Ficus carica, communément appelée la figue, est le fruit de figuier, un arbre de la famille des moracées. Ce fruit est l'emblème du bassin méditerranéen où il est cultivé depuis des millénaires (**El-Khaloui, 2010**).

Ficus constitue l'un des plus grands genres des plantes médicinales avec environ 750 espèces, elles sont surtout présentes dans les régions subtropicales et tropicales à travers le monde (**Raj et al., 2011**).

Les plantes appartenant au genre *Ficus* ne montrent pas des fleurs comme les autres cultures à fruits. Le fruit appelé synconium (Figure 13-A). Le synconium se transforme en structure charnue qui tient le vrai fruit (akène) à l'intérieur (**Brien et al., 2002**).

La figue sèche s'appelle en kabyle " thazzarth" et en arabe "attine". Elle appartient à la classe des dicotylédones du point de vue systématique (Figure 13-B).

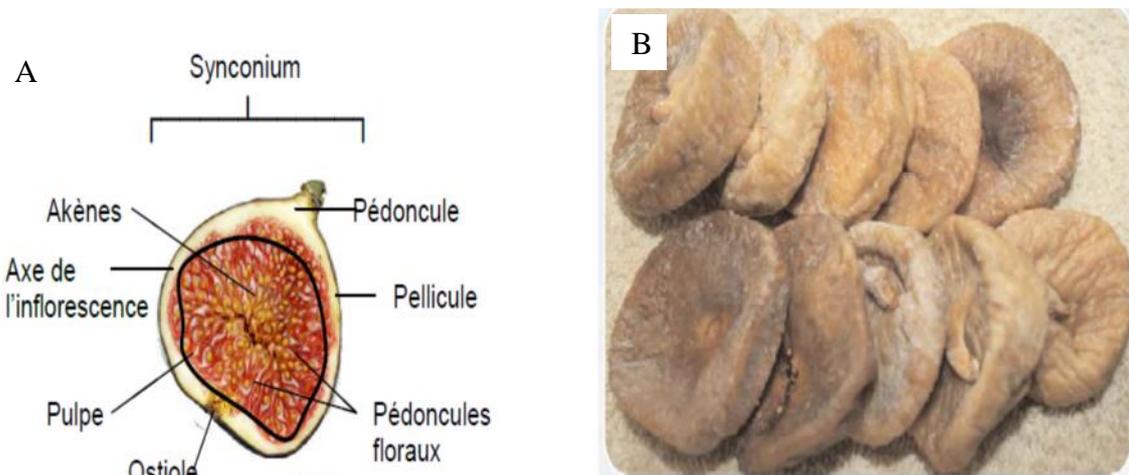


Figure 13:(A) coupe transversale du synconium d'une figue (Haesslein et Oreiller, 2008).
(B) photographie de figue sèche (Azzi, 2013).

II.2.3. Classification botanique

Règne: végétal

Sous Règne: Trachéophytes

Superdivision: Spermaphytes

Division: Phanérogames

Classe: Dicotylédones

Ordre: Urticales

Famille: Moraceae

Genre: *Ficus*

Espèce: *Ficus carica* L (Gaussen et al., 1982).

II.2.4. Composition chimique

La figue joue un rôle d'équilibrant dans l'alimentation grâce à sa teneur élevée en glucides, son faible apport en liquide et l'absence de cholestérol. Par ailleurs ce fruit est très riche en minéraux.

La figue est l'une des sources végétales les plus importantes de calcium et de fibre. Ces deux composants sont très importants pour l'évaluation de la qualité

commerciale des figes fraîches et sèches utilisées dans les produit industriels à base de figue (Ex : confiture) (**Aljane et al., 2007**).

A l'état frais, la figue renferme en moyenne 80 d'eau et 13 de sucre. Après séchage les sucres dépassent les 53 (Tableau III) (**EL-kheloui, 2010**).

La figue sèche fournit plus de fibres que la plupart des autres fruits habituellement consommés et permet de couvrir 20 /100g de la valeur nutritionnelle quotidienne conseillée (**Vidaud, 1997**).

Tableau III: Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (composition moyenne pour 100 g) (Azzi, 2013)

Constituants	Figue Fraîche	Figue sèche
Eau (g)	79,5	25,0
Glucides (g)	13,0	53,0
Protéines (g)	0,90	3,2
Lipides (g)	0,2	1,2
Fibres alimentaires (g)	2,3	8,0
Vitamine C : acide ascorbique (mg)	5,0	1,0
Provitamine A : carotène (mg)	0,046	0,08
Vitamine B1 : thiamine (mg)	0,05	0,08
Vitamine B2 : riboflavine (mg)	0,05	0,09
Vitamine PP : niacine (mg)	0,46	0,80
Vitamine B5 : acide pantothénique (mg)	0,30	0,44
Vitamine B6 : pyridoxine (mg)	0,11	0,22
Calcium (mg)	60,0	160,0
Potassium (mg)	232	770,0
Sodium (mg)	3,0	14,0
Phosphore (mg)	23	71,0
Magnésium (mg)	18	62,0
Fer (mg)	0,78	2,5

II.2.5. Séchage

La technique de séchage des figues est connue depuis l'antiquité. Le séchage dit traditionnel consiste à exposer les figues au soleil dans un endroit bien aéré, sur les terrasses des constructions ou sur des aires du sol. Cette méthode non coûteuse aboutit à un produit fini de bonne qualité sensorielle avec possibilité de

fermentation. Cependant, des contaminations diverses peut entraîner des pertes de la qualité nutritionnels notamment en production de confiture (**Jeddi, 2009**).

Une autre méthode de séchage dite artificielle ou industrielle basée sur l'utilisation de l'air chaud pour la déshydratation, permettant ainsi d'optimiser l'énergie, de maîtriser les paramètres de séchage et d'assurer les normes d'innocuité et de qualité requises pour le produit. Ce processus est plus hygiénique par rapport au traitement traditionnel (**Gamero, 2002**).

II.2.6. Usage et effets thérapeutiques de la figue sèche

Les figues sèches sont employés couramment comme aliment grâce à leur richesse nutritionnelle et également pour leurs diverses propriétés: anti-inflammatoires, antipyrétiques, purgatives et aphrodisiaques. Elles sont aussi utilisées dans le traitement des maladies du foie, de la constipation, dyspeptiques et de la rate (**Lansky et al., 2008**).

En médecine, ce fruit est très conseillé comme aliment regorgé de plusieurs nutriments comme le potassium, le calcium, le fer et les vitamines. De plus, la figue fournit de précieux antioxydants ayant la capacité à neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres qui sont à l'origine des plusieurs cancers et des maladies dégénératives (**Crisosto et al., 2010**).

Les figues sont également dotées de propriétés laxatives et diurétiques. Pour cela, ces fruits sont consommés en différentes formes et manières suite à sa transformation industrielle. Actuellement, l'industrie accorde une grande importance à ce fruit pour son utilisation diverse (confiture, sirop...etc.) (**Oukabli, 2003**).

Chapitre III : La conservation des fruits et la confiture

III.1. Conservation des fruits

La conservation des aliments comprend un ensemble de procédés de traitement qui vise à bien conserver le goût et les propriétés nutritionnelles de l'aliment ainsi que sa texture et sa couleur. De plus, ce procédé veille également sur la comestibilité, et afin d'éviter d'éventuelles intoxications alimentaires (**Morgane, 2013**).

III.1.1 Techniques de conservation des fruits

Les méthodes courantes de conservation des aliments reposent principalement sur un transfert d'énergie ou de masse dans le but d'allonger la durée de vie des produits alimentaires.

Les premières techniques de conservation étaient simples et non coûteuses comme le séchage (fruits). Puis d'autres techniques sont apparues telle que la conservation par la chaleur (stérilisation, pasteurisation), ou plus récemment la conservation par le froid (réfrigération, congélation), grâce au développement des installations frigorifiques (**Touzi et al., 2008**).

➤ Séchage

Le séchage est une méthode très simple et plus ancienne. Elle consiste à exposer les produits à l'air qui absorbe l'eau. Plus l'air est chaud plus l'absorption est rapide. Ce procédé réduit ou empêche le développement des germes et permet de conserver les aliments assez longtemps.

Un séchage adéquat conserve le goût et la plupart des éléments nutritifs des aliments. Par conséquent, il empêche la fermentation du produit ou de se moisir (**Buyse, 2001**).

➤ Blanchiment

Le blanchiment est un prétraitement à la vapeur d'eau à une température de 95-100°C pendant quelques secondes. Cette méthode est souvent utilisée pour les végétaux (fruits). Ce traitement thermique a pour objectif d'inactiver les enzymes

endogènes des fruits (glycosidase), de limiter les réactions de brunissement enzymatique et de réduire la contamination bactérienne.

Le blanchiment provoque des pertes de substances telles que les sucres et des substances thermolabiles (vitamine C) qui sont détruites sous l'effet de la chaleur (**Ketata, 2012**).

➤ **Pasteurisation**

La pasteurisation est un traitement doux par la chaleur à des températures ne dépassant pas 100°, ayant pour but la neutralisation des enzymes et la destruction de la plupart des bactéries sans affecter les vitamines. Ce procédé permet d'allonger de façon significative la durée de conservation des aliments (**Boumendjel, 2005**).

➤ **Stérilisation**

La stérilisation est un traitement thermique qui sert à détruire toutes formes microbiennes vivantes. Il consiste à chauffer les produits à une température élevée (> 115 °c) durant plusieurs minutes. Elle permet de conserver les aliments (emballés dans des récipients hermétiques) longtemps avec une qualité sanitaire très satisfaisante mais la qualité nutritionnelle laisse à désirer (**James et al., 2003**).

➤ **Réfrigération**

La réfrigération fait appel à un abaissement de la température (entre 4 et 8 °C) pour prolonger la durée de conservation. Elle permet de conserver les aliments dans un état très voisin de leur état initial en ralentissant les réactions chimiques et enzymatiques et en retardant la multiplication des microorganismes (**Boumendjel, 2005**).

➤ **Congélation**

La technique de congélation consiste à abaisser brusquement la température de l'aliment et à la maintenir en dessous de 0 °C, en pratique entre -15/-18 °C. Ce procédé provoque la cristallisation de l'eau contenue dans les aliments. Elle permet donc la conservation des aliments à plus long terme que la réfrigération (**Morgane, 2013**).

➤ **Lyophilisation**

La lyophilisation est une technique de séchage par congélation brutale (entre -40 °C et -80 °C environ) avec sublimation sous vide. Les aliments conservent

toutes leurs saveurs ainsi que leurs nutriments, une fois réhydratés ils retrouvent presque leur texture d'origine. Cette méthode permet de retirer l'eau dans l'aliment afin de le rendre stable à la température ambiante (**Morgane, 2013**).

III.2. Confiture

III.2.1. Historique

La confiture est connue depuis l'antiquité, ce terme vient du mot latin "*conficere*" qui veut dire "préparer". Dans le passé, la confiture été considérée comme le moyen privilégié pour conserver et de profiter des fruits après la récolte, notamment les plus fragiles comme les fraises, les abricots et les mûres.

Au moyen âge, le terme confiture désigne toutes les confiseries réalisées à partir d'aliments cuits dans du sucre ou du miel. En cette époque, ces confiseries sont considérées comme luxueuses à cause de la cherté du miel et du sucre

Au début du 19^{ème} siècle, avec l'apparition de la betterave à sucre, la confiture se développe et se banalise pour devenir à la porté de tout le monde (**Sophie et Sabulard, 2012**).

III.2.2. Définition

Par définition, la confiture est le mélange de sucre, de pulpe ou de purée d'une seule ou de plusieurs sortes de fruits et d'eau, porté à la consistance gélifiée appropriée (**Codex alimentaire, 2009**).

III.2.3. Types de confitures

Il existe plusieurs types:

- ✓ **La confiture (proprement dite):** est un mélange porté à la consistance gélifiée appropriée de sucres, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau
- ✓ **La gelée :** est un mélange suffisamment gélifié, de sucres et de jus ou d'extraits aqueux d'une ou de plusieurs espèces de fruits.
- ✓ **La marmelade :** est un mélange porté à une consistance adéquate, élaboré à partir d'un ou de plusieurs produits: eau, sucres, agrumes telle que la pulpe, purée, jus, extraits aqueux et écorces (**André, 2012**).

III.2.4. Principaux ingrédients de confiture

❖ Fruit

La matière première utilisée pour la fabrication de la confiture est le fruit, qui donne à cette dernière sa couleur et sa saveur caractéristique, sachant que la connaissance de sa composition est essentielle pour mener à la préparation d'une bonne confiture. Les fruits sont généralement composés de 70 à 90% d'eau et de sel minéraux, de 10 à 15% de sucre (saccharose, fructose et glucose), des acides organiques (acide citrique, malique et tartrique), des vitamines, des lipides, des protéines et de la pectine qui est contenue dans la paroi cellulosique des fruits **(Roger, 1962)**.

❖ Sucre

Pour qu'une confiture se conserve sans s'altérer, il faut qu'elle contienne, une fois cuite, au moins 65 % de sucre (y compris la teneur naturelle des fruits en sucre, comprise entre 10 et 15 %). Le sucre le plus utilisé est le sucre cristallisé de canne à sucre de betterave (saccharose) à gros cristaux **(Roger, 1962)**.

❖ Pectine

Tout les fruits contiennent une certaine pectine qui est une substance chimique responsable de la formation de gèle. Cependant, la qualité et la quantité des pectines change avec les fruits selon les conditions de développement et leurs maturités. Pour cette raison, il est habituellement nécessaire d'ajouter une pectine commerciale afin d'obtenir une confiture uniforme et facile à réaliser **(Furet, 1998)**.

❖ Acide

L'acidité des fruits est un facteur important pour la saveur et pour la gélification des confitures. Les principaux acides rencontrés sont : l'acide malique (pomme, cerise, banane, pêche), l'acide tartrique (raisin), l'acide succinique (cerise, groseille) et l'acide citrique (agrumes, figue) **(Ingham, 2008)**.

III.2.5. Etapes de fabrication industrielle de confiture

Dans le domaine industriel, la fabrication d'une confiture passe par plusieurs étapes. Tout d'abord, le triage et le lavage qui servent à la préparation des fruits, par la suite, l'addition de sucres et d'acide citrique avant la cuisson de ces derniers. A quelque minute de la fin de la cuisson, la pectine commerciale est ajoutée pour enfin emballer le produit et laisser refroidir avant d'être stocké (Figure 14).

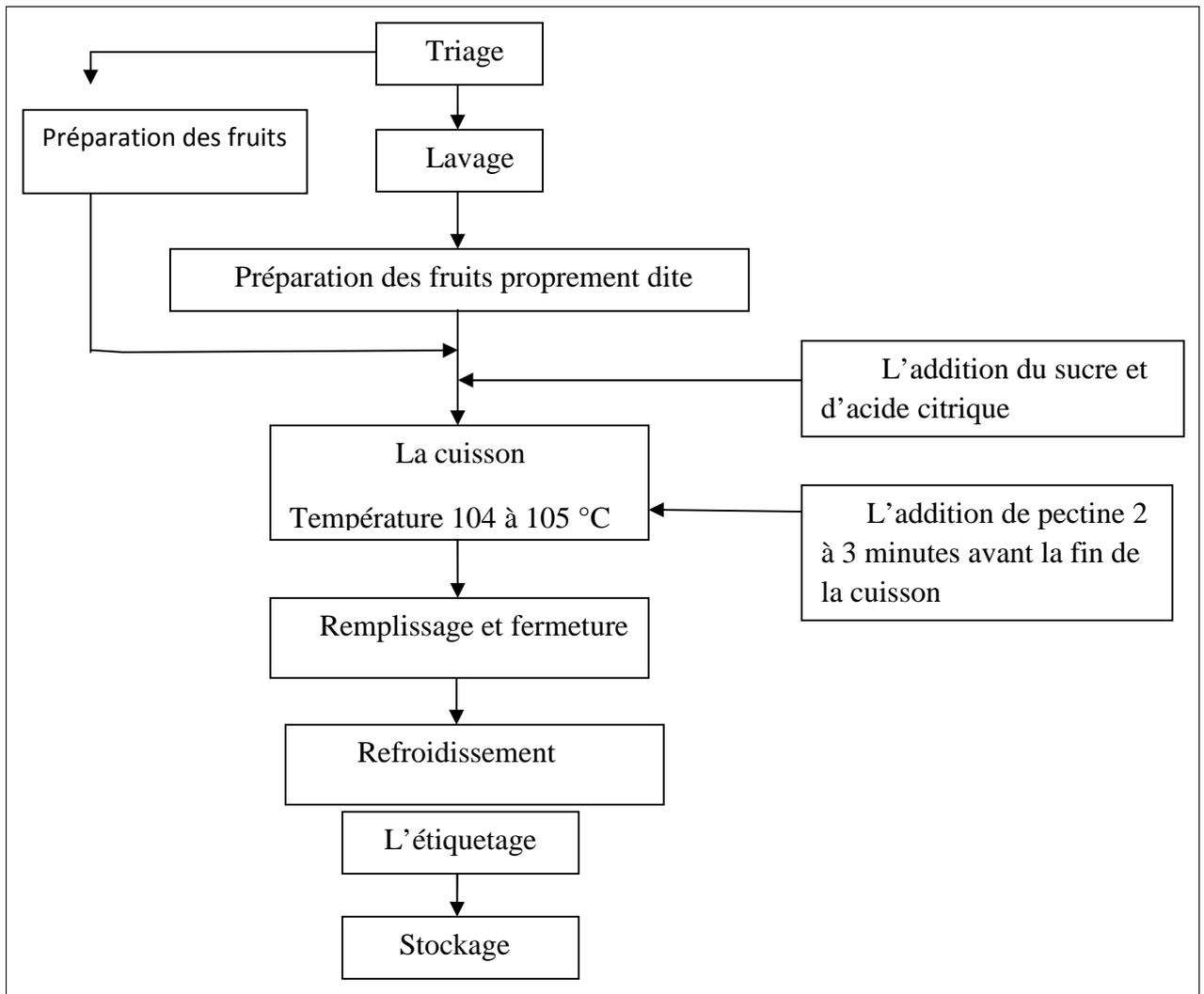


Figure 14: Processus technologique de fabrication d'une confiture (CTA, 1990).

✓ Triage

Le triage consiste à sélectionner des fruits sains, encore fermes et enlever tout fruits ayant subis des chocs ou des blessures. Cette étape permet d'assurer l'élimination des éléments hétérogènes qui peuvent nuire à la bonne conservation de l'ensemble des fruits.

✓ **Lavage**

Le lavage des fruits est une étape importante qui s'effectue avec l'eau potable par aspersion ou immersion. Le but c'est d'éliminer et de débarrasser les particules de terre, les micro-organismes et des matières étrangères.

✓ **Préparation des fruits**

La préparation des fruits est basée sur de nombreuses opérations comme l'équeutage, l'épluchage et l'épépinage.

✓ **Cuisson**

Cette opération est fondamentale dans le processus de fabrication des confitures. En effet, elle permet d'enlever l'eau excédentaire, d'obtenir la concentration désirée, parfaire la cuisson de fruits, dissoudre le sucre, de libérer les pectines et enfin de pasteuriser le mélange (**Diligent, 2010**).

✓ **Conditionnement**

Le conditionnement doit intervenir rapidement après cuisson. De cette manière, la confiture chaude (80-90°C) détruit les micro-organismes susceptibles d'être présents dans l'emballage et permet d'assurer une « auto-pasteurisation » des récipients.

✓ **Refroidissement**

Le refroidissement se fait soit par immersion dans l'eau froide ou par aspersion par des jets d'eau froide. Cette étape s'effectue après le conditionnement pour éviter la sur-cuisson qui dégrade les pectines et altère la couleur (provoque le brunissement, goût de cuit).

✓ **Étiquetage**

L'étiquetage est l'étape qui assure la bon présentation des produits, il doit comporter plusieurs mentions, ces dernières permettent de garantir et de donner au consommateur toutes les informations nécessaires concernant le produit, comme par exemple, le nom commercial et l'adresse, la dénomination de vente, le poids net, la composition, la date de fabrication ainsi que la date limite d'utilisation optimale (**Codex alimentaire, 2009**).

III.2.6. Composition chimique

Les confitures aux fruits sont riches en éléments nutritifs. En revanche, des traces de protéines et de lipides sont présentes avec des teneurs 0,6 et 0,1 g/100 g de confiture respectivement, et garde la majorité des minéraux du fruit d'origine, on trouve le potassium (112mg /100g de confiture) dominant à un degré moins le sodium (16mg) et avec un faible degré, le fer (10mg), L'eau occupe 29% du volume totale de la confiture (Tableau IV) (Mohtadji-lamballais, 1989).

Tableau IV: composition chimique de la confiture (teneur pour 100g de confiture) (Mohtadji-lamballais, 1989).

Composition	Teneur
Eau	29 g
Glucides	70g
Protéines	0,6g
Lipides	0,1g
Sodium	16 g
Potassium	112mg
Calcium	12 mg
Fer	10 mg
Phosphore	20 mg
Vitamine B1	0,01 mg
Vitamine B2	0,0 mg
Vitamine PP	0,2 mg
Vitamine C	2 mg
Vitamine D	0,0 mg

III.3. Effet des conditions de stockage sur les confitures

Les glucides, les acides organiques et les antioxydants en particulier les composés phénoliques sont parmi les principaux constituants des fruits et des confitures de fruits.

- **Les glucides**

Les glucides occupent une place importante dans notre alimentation, et fournissent la majorité de l'énergie alimentaire. Le stockage prolongé et les températures élevées peuvent influencer sur les teneurs en sucre des confitures.

- **Les acides organiques**

Les fruits contiennent une quantité majeure des acides organiques qui sont très intéressants en raison de leurs impacts sur les propriétés sensorielles et dans l'évaluation de leur qualité. Ces derniers sont indispensables à la fabrication des confitures et servent à empêcher le développement des microorganismes. Ces acides sont considérés comme un indice utile de l'authenticité des produits à base de fruit, car ils ont une sensibilité inférieure à changer au cours du traitement et de stockage que les autres composantes de fruits. (Nour *et al.*, 2010).

- **Les composés phénoliques**

Ces dernières années, un intérêt majeur est accordé aux antioxydants naturels, grâce à leurs propriétés thérapeutiques. Des recherches scientifiques dans diverses spécialités ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification de ces composés à partir de plusieurs substances naturelles à savoir, les fruits, les légumes et les produits agroalimentaires (Popovici, 2009).

Les polyphénols sont les antioxydants les plus abondants dans notre régime alimentaire et sont très répandus dans les fruits. Possèdent un potentiel antioxydant très puissant et contribue à la saveur et à la couleur des fruits et légumes (Mehinagic, 2011).

- **Principales altérations d'une confiture**

Les denrées alimentaires peuvent subir des réactions diverses durant toutes les étapes impliquées dans leur production, ces dégradations qui sont diverses dépendent de plusieurs facteurs tel que la nature et l'état de l'aliment (frais ou transformé) et les conditions de transformation et de stockage de l'aliment. Parmi ces produits, on trouve la confiture qui ne peut être altérée que par les levures et les

moisissures. En effet, grâce à leur acidité importante et leur teneur relativement faible en eau, cette dernière peut se conserver bien pour une longue période. Les principales réactions de dégradation des confitures sont le brunissement enzymatique et non enzymatique (**Broutin et al., 1998**).

➤ **Le brunissement enzymatique**

Le brunissement enzymatique est un processus naturel qui rend certains constitués bruns, en particulier les aliments. Ce processus chimique implique des enzymes telles que la polyphénoloxydase (ppo). Ce brunissement causé par cette enzyme ; transforme les composés phénoliques le plus souvent en polymères colorés (Figure 15). (**Siddiq, 1992**).

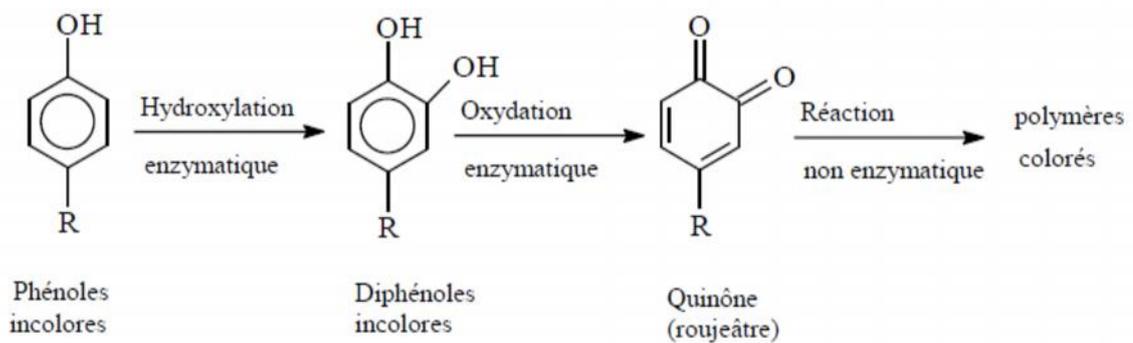


Figure 15: transformation des composés phénoliques par des enzymes

➤ **Le brunissement non enzymatique**

L'interaction des sucres réducteurs avec des acides aminés et l'ensemble de leurs réactions successives est appelée brunissement non-enzymatique ou encore réaction de Maillard. Cette réaction ou plutôt cet ensemble de réactions est la plus importante dans la chimie des aliments. Elle a lieu lors du stockage des aliments ou plus fréquemment lors de leur traitement par des processus thermiques. En plus de son rôle prépondérant dans le développement des saveurs, il a aussi été démontré qu'elle est responsable de la formation de couleurs, et d'agents cancérigènes (**Machiels et al., 2002**).

Matériel et méthodes

I. Echantillonnage

Deux types de confitures traditionnelles (confiture de figue sèche et de jujube) ont été préparées pour la présente étude. Trois échantillons différents de chaque fruit ont été mélangés, puis triés (sélectionner des fruits sains, encore fermes et enlever tout fruits ayant subis des chocs ou des blessures) ensuite lavés avec l'eau potable afin d'éliminer et de débarrasser des particules de terre, les micro-organismes et des matières étrangères. Les fruits ont été coupés en petits morceaux puis ont subi une étape de blanchiment de 15 minutes puis transférés dans une casserole avec les autres ingrédients (sucre et eau) afin de subir une parfaite cuisson, de dissoudre le sucre, de libérer les pectines et enfin de pasteuriser le mélange. La confiture chaude est conditionnée dans des boîtes stériles (Tableau V), puis conservées à différentes températures (5°C ; 25°C ; 35°C). Les échantillons ont été répartis en quatre lots :

- Lot 1 (4 boîtes: 2 boîtes de confiture et 2 boîtes de broyat de chaque fruit) : analysé au temps T0
 - Lot 2 (12 boîtes : 6 boîtes pour chaque type de confiture) : conservée à 5°C
 - Lot 3 (12 boîtes : 6 boîtes de confiture pour chaque type de fruits) : conservé à 25°C
 - Lot 4 (12 boîtes : 6 boîtes de confiture pour chaque type de fruits) : conservé à 35°C
- Les prélèvements sont effectués à partir des lots 2, 3 et 4, après 3, 6, 10, 20, 34 et 50 jours.

Tableau V : Echantillons des confitures analysées (fruits, ingrédients, photos)

Fruits	Ingrédients	Photos
Jujube	Jujube, sucre, eau	
Figue sèche	Figue sèche, sucre, eau	

II. Humidité

Le test de l'humidité est réalisé pour déterminer le taux d'humidité des échantillons analysés. Pour cela, 2 g de chaque confiture sont pesés dans une boîte de Pétri puis mise dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Le taux d'humidité est exprimé en pourcentage selon l'équation suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = (P_1 - P_2) * 100 / (P_1 - P_3)$$

P₁ : Poids initial de confiture et de la boîte de Pétri.

P₂ : Poids final de confiture et de la boîte de Pétri après séchage.

P₃ : Poids de la boîte de Pétri vide.

III. Paramètres physico-chimiques

III.1. pH

La détermination du pH est réalisée à l'aide d'un pH mètre, cette méthode consiste à rincer la sonde du pH-mètre à l'eau distillée après l'avoir bien étalonnée. Puis, la sonde est introduite dans la solution à tester (1 g de confiture est dilué dans 20 ml eau distillé, après sonication pendant 3min) ; et la valeur du pH est notée après stabilisation de l'afficheur.

III.2. Acidité titrable

L'acidité titrable d'un produit correspond à la somme des acides organiques et minéraux. L'acidité est décrite selon la méthode suivante ; 1 g de confiture est dilué dans 20 ml eau distillé, après sonication pendant 3min ; le produit est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N) jusqu'au pH de 8,1

Les résultats sont exprimés en concentration d'acide citrique en g /100 g, selon la formule suivante :

$$C_{\text{acide citrique}} = V(\text{NaOH}) * \frac{C(\text{NaOH})}{V_{\text{acide}}} * 0,32 * 100$$

V(NaOH) : Volume du NaOH

C (NaOH) : Concentration du NaOH

V acide : Volume de produit analysé

0,32 : Facteur spécifique de l'acide citrique

III.3. Indice réfractométrique (Brix)

La mesure de l'indice de réfraction est effectuée par la méthode réfractométrique, qui permet d'obtenir le pourcentage de la matière sèche soluble exprimée en degré Brix. Cette technique consiste à déposer une goutte de chaque confiture sur la surface du prisme du réfractomètre puis baisser le deuxième prisme sur le premier, puis le réfractomètre sera réglé jusqu'à l'obtention d'une zone claire et une autre obscure. La fin de séparation entre deux zones correspond à l'indice de réfraction.

III.4. Couleur

La méthode de détermination de la couleur des confitures consiste à filtrer 5ml de produit obtenu à partir de chaque échantillon ; après filtration l'absorbance est mesurée à 420 nm (**Bath et Singh, 1999**).

IV. Dosage des antioxydants

IV.1. Préparation des extraits

L'acétone 60 est utilisé comme solvant d'extraction des composés phénoliques, des flavonoïdes et pour mesurer l'activité antioxydante. Un mélange de 0,5 g d'échantillon et 15ml d'acétone 60 subissent une sonication pendant 5min suivi d'une centrifugation à 5000 rpm pendant 10 minutes. Les extraits sont récupérés et filtrés.

IV.2. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des composés phénoliques des extraits est déterminé par la méthode colorimétrique en utilisant le réactif Folin Ciocalteu qui est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation des phénols traduite par un mélange bleu d'oxyde de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) dans une solution alcaline, la coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'extrait analysé (**Madi, 2010**).

La teneur des confitures analysées en composés phénoliques est déterminée en utilisant la méthode rapportée par **Marinova et al. (2007)**. Cette méthode consiste à mélanger 200 μ l de l'extrait avec 800 μ l du réactif folin-ciocalteu. Après 3 minutes, 1 ml de carbonate de sodium (7,5) est ajouté, Puis le mélange est incubé pendant 1heure et 30 minutes à l'obscurité. Les absorbances sont mesurées à 760 nm. La concentration des composés phénoliques est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique (EAG) par 100 g de confiture, en se référant à une courbe d'étalonnage (Figure 1, annexe I).

IV.3. Dosage des flavonoïdes

La méthode repose sur le principe du dosage direct par le trichlorure d'aluminium. En effet, les flavonoïdes possèdent un groupement OH libre susceptible de donner, en présence de chlorure d'aluminium, un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al^{+3} ; la coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait.

Le taux des flavonoïdes est déterminé par la méthode de spectrophotométrie de **Djeridane et al. (2006)** basée sur la formation d'un complexe flavonoïde-aluminium de couleur jaune. Un volume de 750 μ l d'extrait est additionné à 750 μ l de chlorure d'aluminium (2%). Après incubation à température ambiante pendant 30 minutes, l'absorbance est mesurée à 420nm. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent de Quercétine/100 g de produit, par référence à une courbe d'étalonnage (Figure 2, annexe I).

V. Activité antioxydante

V.1. Activité antiradicalaire

La méthode au diphénylpicryl hydrazyl (DPPH) est utilisée pour déterminer la capacité des extraits à céder des protons et/ou des électrons. Cette activité est mesurée selon la méthode rapportée par **Tezcan et al. (2009)**. Un volume de 100 μ l d'extrait est additionné à 1 ml de DPPH. Après incubation du mélange à l'obscurité pendant 30min, l'absorbance est mesurée à 515 nm. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition du radical DPPH selon la formule suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{Abst} - \text{Abse}}{\text{Abst}} * 100$$

Abs t : Absorbance du témoin.

Abs e : Absorbance de l'extrait

V.2. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur de l'extrait a été déterminé selon la méthode de **Li et Lin (2010)**. Un volume de 500 μ l d'extrait est additionné à 500 μ l de tampon phosphate (0,2 M ; pH 6,6) et 500 μ l de ferricyanure de potassium (1%). Après

incubation à 50°C pendant 20 min, 500 µl d'acide trichloracétique (10%) sont ajoutés au mélange. Puis, un volume 500 µl de surnageant est récupéré dans un tube à essai et 500 µl, d'eau distillée et 100 µl de chlore ferrique (0,1%) sont additionnées. Après 10 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 700 nm. Le pouvoir est déterminé par référence à une courbe d'étalonnage et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique/100g de produit, en référant à une courbe d'étalonnage de l'acide gallique (Figure 3, annexe I).

VI. Analyse statistique

Toutes les données réalisées sont la moyenne de trois essais. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne et écart-type. Ces paramètres de la statistique descriptive ont été calculés à l'aide Microsoft Office Excel 2007.

La comparaison des résultats est réalisée par l'analyse de la variance, ANOVA (STATISTICA 5,5) entre les variétés de confitures, le degré de signification des données est pris à la probabilité $P < 0,05$.

Résultats et discussion

I. Humidité

La transformation des fruits en confiture augmente l'humidité de 31,33 à 42,86% pour la figue sèche et de 27,36 à 34,56% (T0) pour le jujube (Figure 16).

Les résultats du test d'humidité des confitures de la figue sèche et de jujube au cours de la conservation aux trois températures (5°C, 25°C et 35°C) présentent des différences significatives ($p < 0,05$) (Figure 17).

Pour la confiture de figue sèche, au bout du 3^{ème} jour, l'humidité est maximale aux trois températures et après ce jour de stockage une diminution significative est enregistrée jusqu'à la fin de stockage (47,62% à 5°C). À 25°C et 35°C à l'exception de 20^{ème} jour une diminution est observée, et l'évolution est comme suit : à 25°C : T3 (60,04) > T6 (56 ;53) > T10 (44,34) < T20(48,72) > T34(44,72) = T50 (44,90%). À 35°C l'évolution est comme suit : T3 (60,02) > T6(55,59) > T10(45,09) > T20(41,25) < T34(45,09) = T50(45,09).

Pour la confiture de jujube, à 5°C, le taux d'humidité du 6^{ème} jusqu'au 20^{ème} jour ne présente pas de différences significatives ($p > 0,05$) (66,12 -64,81%), et après il y'aura une diminution au 34^{ème} jour et reste stable jusqu'a la fin de conservation ; T50(46,49). A 25°C, une diminution est notée après le 3^{ème} jour jusqu'a la fin de conservation (44,90%) à l'exception de 20^{ème} jour (66,04%). A 35°C après les 3 premiers jours (69,45%), le taux d'humidité restent stable (65,80%) ($p < 0,05$).

Les résultats de cette présente étude concordent avec ceux obtenus par **Muhammed et al. (2008)**, qui ont rapporté une baisse d'humidité de la confiture de pomme durant les 90 jours de conservation.

Remarque

Pour la confiture de jujube à 35°C à T34 et à T50, les analyses n'ont pas été effectués à cause du développement des moisissures.

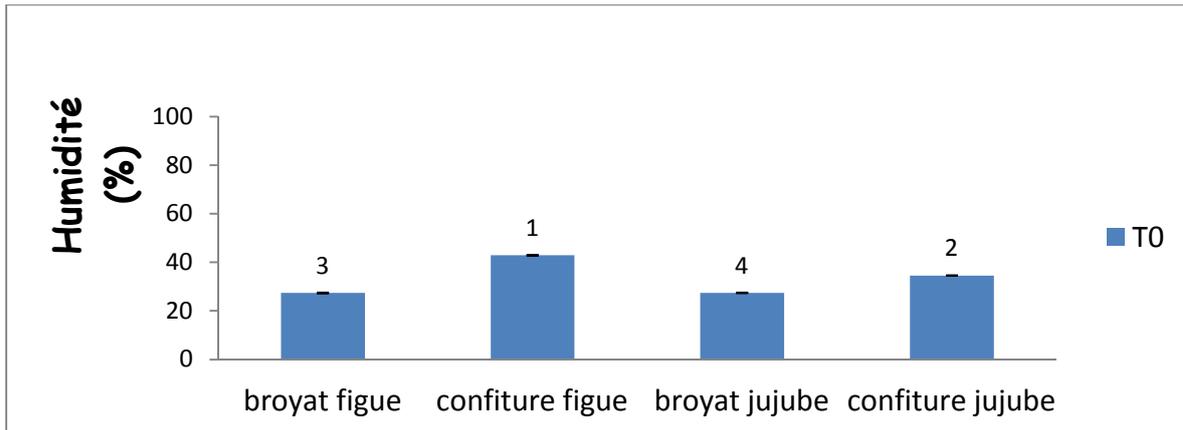


Figure 16: Humidité des broyats des fruits et leurs confitures.

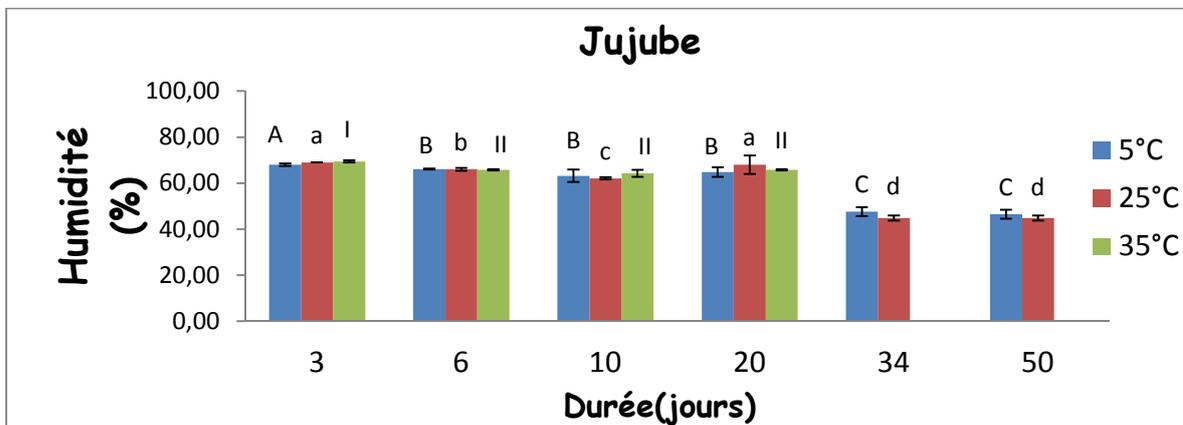
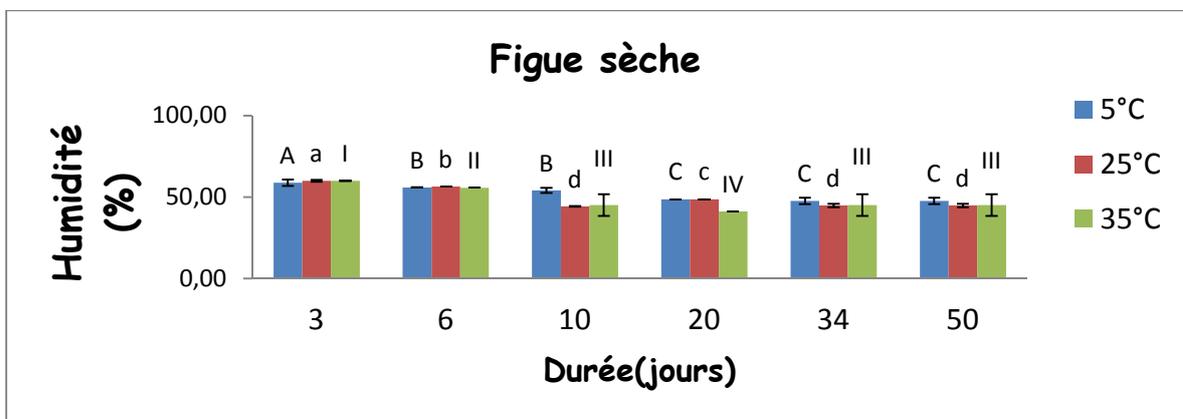


Figure 17: Evolution de l'humidité des confitures analysées au cours de la conservation.

Les barres verticales représentent les écarts types ;
 Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) :
 Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

II. Paramètres physico-chimiques

II.1. pH

La détermination du pH est très importante dans le cas des confitures. Elle indique la qualité de la conservation et sert à mettre en évidence d'éventuelle fermentation microbienne.

Le broyat de figue sèche présente un pH de 4,81 et après transformation en confiture une légère augmentation est constatée, pH (4,96), et pour le broyat de jujube le pH augmente également de 4,62 à 4,77 après transformation en confiture (Figure18). Des résultats semblables sont obtenus par **Mohammed et al. (2008)**, pour la confiture de pomme (pH=4,60) et d'autres obtenus par **Sindumathi et al. (2014)**, sont inférieurs à ceux de la présente étude pour la confiture de noix de coco (pH=2,86).

Les résultats de la mesure du pH des deux confitures (figue sèche, jujube) analysées et leur évolution au cours de la conservation pendant 50 jours sont représentés dans la Figure 19. Une diminution significative ($p < 0,05$) du pH est observée durant les 10 premiers jours de stockage pour la confiture de figue sèche conservée à 5°C (4,61), à 25°C (4,58) et à 35°C (4,58). Puis ces valeurs sont augmentées à la fin de conservation pour atteindre à 5°C (5,32), à 25°C (5,21) et à 35°C (5,06).

Le pH de la confiture de jujube conservée à 5°C présente une augmentation significative ($p < 0,05$) durant tout au long de la période de stockage, jusqu'à atteindre une valeur de pH (5,05). Par contre, les confitures conservées à 25°C et 35°C montrent une régression durant les 10 premiers jours (4,36 et 4,09) respectivement, suivie d'une augmentation à la fin de stockage ; 4,92 pour la confiture conservée à 25°C et 4,45 pour celle conservée à 35°C.

Ehsan et al. (2002), ont signalé une tendance à la baisse du pH de confiture mixte préparés à partir de la pastèque et de citron pendant le stockage. Des résultats différents sont obtenus par **Sindumathi et al. (2014)** ayant analysé le pH d'une confiture de noix de coco stockée dans deux conditions (température ambiante, température réfrigérée). Le résultat de cette étude montre que le pH mesuré dans les conditions réfrigérées diminue au cours de stockage par rapport à celui mesuré à la

température ambiante. **Touati et al. (2014)**, ont également rapporté une baisse du pH d'une confiture d'abricot conservée à 5°C (3,39), 25°C (3,34) et 37 °C (3,21) pendant un stockage prolongé de 60 jours. Cette diminution serait due à la fermentation des sucres contenus dans les confitures.

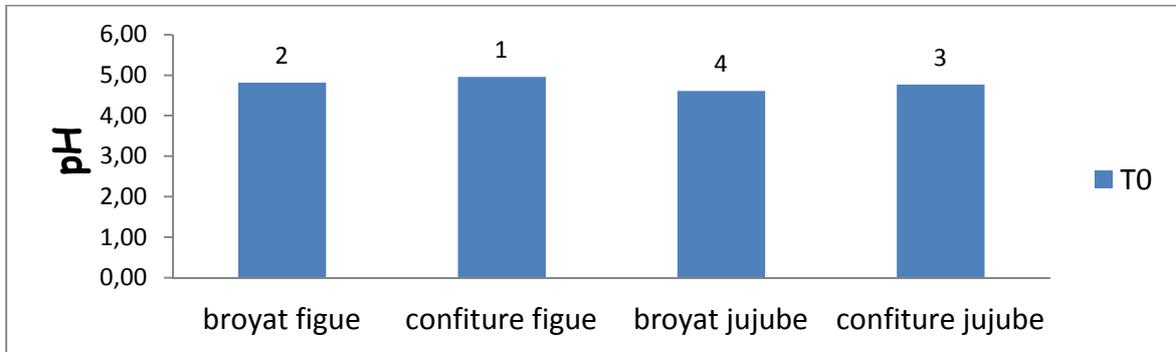


Figure18 : pH des broyats des fruits et leurs confitures.

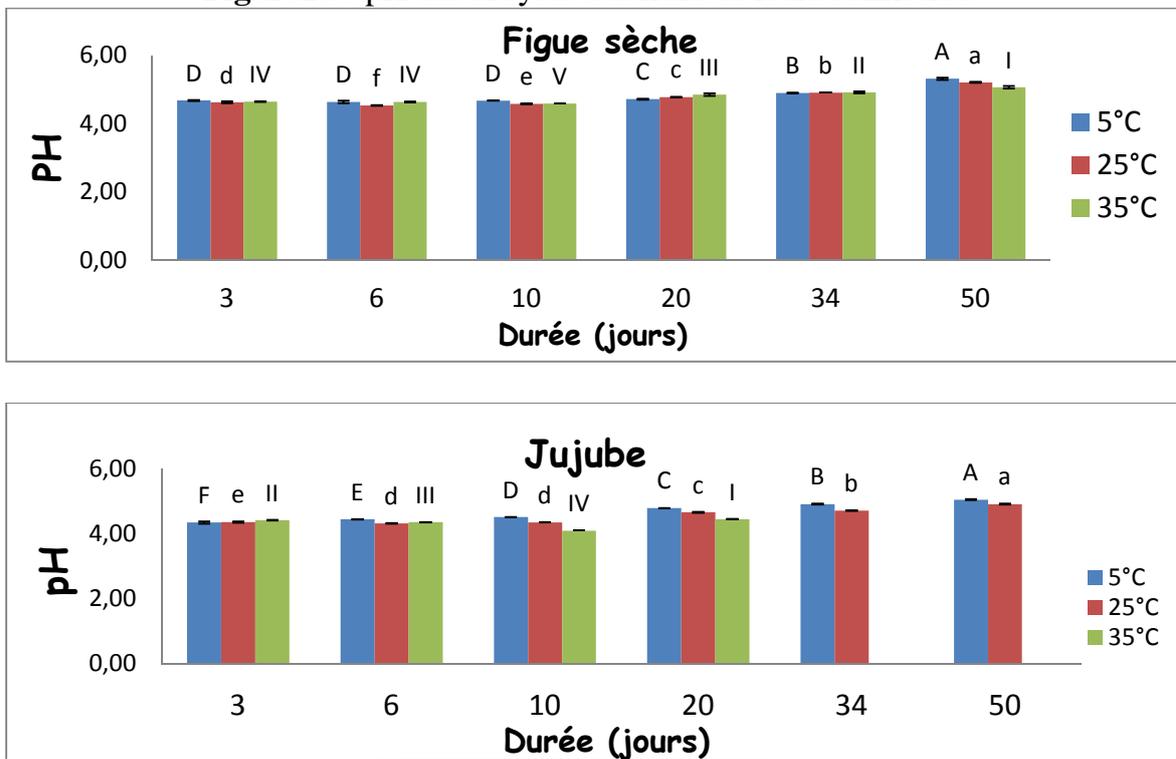


Figure 19 : Evolution du pH des confitures analysées au cours de la conservation. Les barres verticales représentent les écartypes ; Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) : Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

II.3. Acidité titrable

La valeur de l'acidité est une mesure de la stabilité, la qualité et la durée de vie de la confiture. Elle est due à la présence des acides organiques dans les fruits et ceux qui sont formés durant la conservation.

L'acidité de broyat des fruits et leurs confitures sont représentés dans la Figure 20. Pour la figue sèche une légère diminution est observé après transformation en confiture (0,14 à 0,12g/100g). Alors que pour le jujube une légère augmentation est enregistrée après leur transformation (0,10 à 0,14g/100g). Ces valeurs sont inférieures à celle obtenue par **Sindumathi et al. (2014)**, qui ont rapporté des valeurs d'acidité de 0,53g/100g pour la confiture de noix de coco, et par **Aslanova et al. (2010)**, pour la confiture d'abricot (0,44g/100g).

L'évolution de l'acidité des confitures analysées au cours de stockage sont illustrés dans la Figure 21. Pour la confiture de figue sèche stockée à 5°C, l'analyse statistique montre une régression pendant les 20 premiers jours, suivie d'une augmentation jusqu'à la fin de stockage (0,72g/100g). Durant les 10 premiers jours, une diminution de l'acidité est enregistrer pour les confitures de figue sèche stockées à 25°C et 35°C, puis à la fin de conservation, l'acidité augmente jusqu'à stabilité des valeurs à 0,74 et 0,73g/100g, respectivement.

Dans notre présente étude pour la confiture de jujube, une diminution significative ($p < 0,05$) est enregistrée durant les 6 premiers jours pour les confitures stockées à 5°C, 25°C et 35°C, suivie d'une augmentation jusqu'à la fin de stockage, pour atteindre des valeurs d'acidité 0,63 ; 0,70 et 0,73g/100g de produit, respectivement, même observation est constatée par **Touati et al. (2014)**. A la fin de conservation les valeurs initiales de confiture d'abricot ont augmentés de 0,98 ; 1,01 et 1,03 % à 5°C, 25°C et 37°C, respectivement.

La régression de l'acidité durant les premiers jours de stockage peut être due aux interactions chimiques entre les constituants de la confiture, et l'augmentation à la fin de conservation peut être expliquée par la production des acides organiques par les microorganismes. Une étude menée par **Vidhya et al. (2010)**, sur la confiture de pomme de bois rapporte une diminution de 0,51 ; 1,55 et 2,5% à 30, 60

et 90 jours de stockage à température ambiante, respectivement. Cette diminution est expliquée par l'interaction de l'acide citrique avec d'autres molécules.

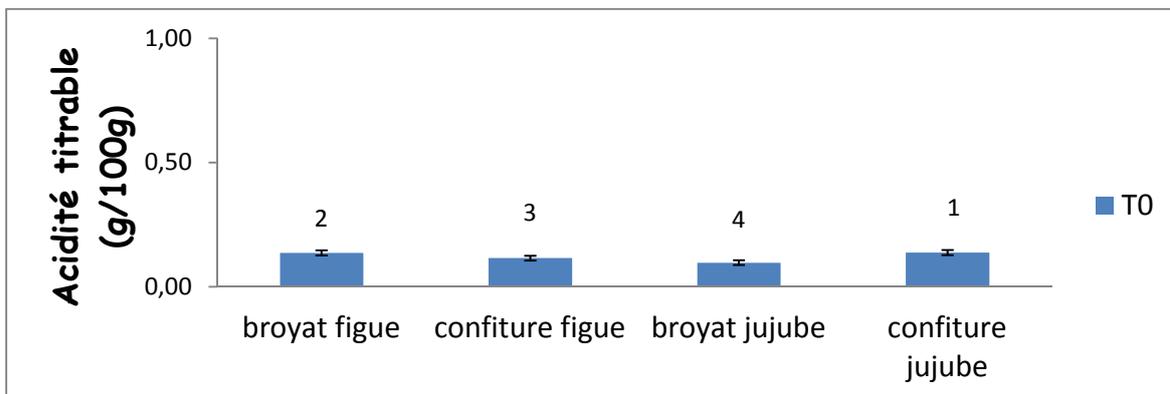


Figure 20 : Acidité des broyats des fruits et leurs confitures.

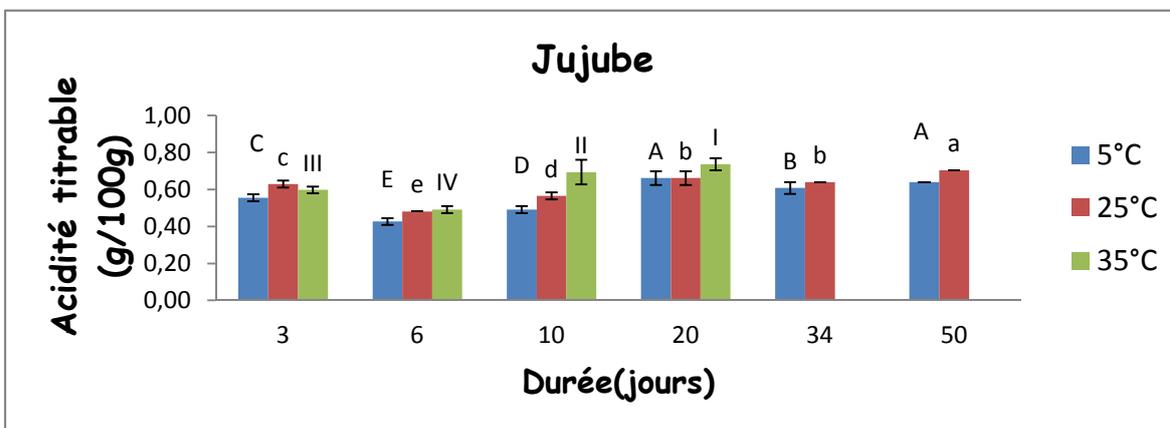
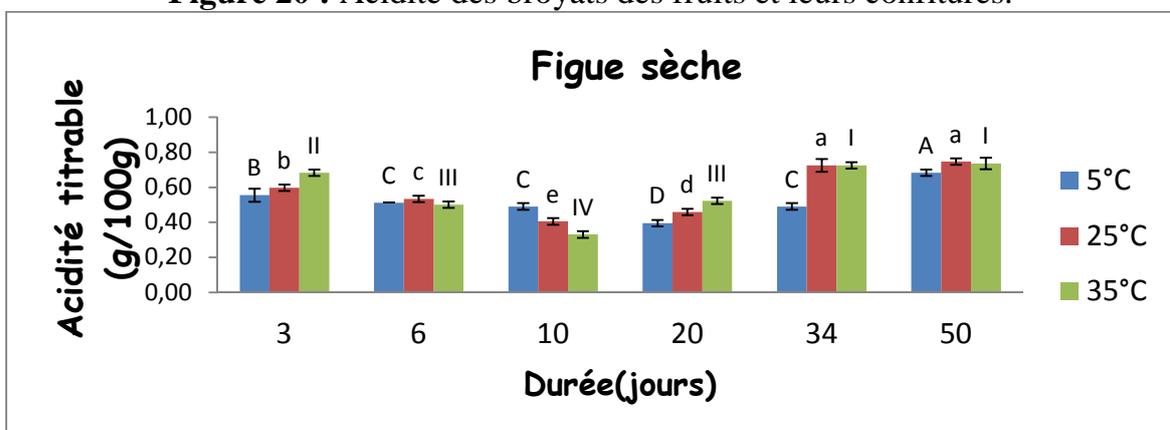


Figure 21 : Evolution de l'acidité titrable des confitures analysées au cours de la conservation.

Les barres verticales représentent les écartypes ;

Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) : Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

II.3. Indice réfractométrique

L'indice de réfractométrique ou le degré Brix au pourcentage de la matière sèche soluble. Il sert à mesurer la concentration des glucides dans un produit.

Les analyses statistiques montrent une augmentation de degré Brix au cours de transformation de figue sèche et de jujube de 31,33 et 27,36 % à 42,86 et 34,36 %, respectivement. (Figure 22). Ces valeurs sont inférieures à celle obtenue par **chauhan et al. (2012)**, sur la confiture de noix de coco (68,6%). **Muhammed et al. (2008)**, montre un taux de matière sèche de 11,54% pour la confiture de pomme.

L'évolution de degré Brix de deux confitures au cours de stockage à 5°C, 25°C et 35°C, sont illustrés dans la Figure 23. Au bout des 6 premiers jours, l'analyse statistique ne monte pas une différence significative ($p > 0,05$) pour la confiture de figue sèche conservée à 5°C (42,23%) et 35°C (41,73%), puis à partir de 10^{ème} jours le taux de la matière sèche augmente jusqu'à la fin de stockage à 44,26 et 43,30%, respectivement. Cette augmentation peut être due à la solubilisation des constituants de la confiture au cours de stockage, contrairement à la confiture de figue sèche stockée à 25°C, une légère régression de la matière sèche est observée durant les 6 premiers jours, suivie d'une augmentation significative jusqu'à une stabilité à la fin de conservation (43,63%). Des résultats similaires sont obtenus par **Ehsan et al. (2003)**, qui ont signalé une augmentation du degré Brix de la confiture de pomme (68,9%) pendant les 60 jours de stockage.

L'analyse statistique montre une augmentation significative ($p < 0,05$) durant les 34 jours pour la confiture de jujube conservée à 5°C (35,59%) et 25°C (36,29%), puis une régression est observée au dernier jour de stockage. À 35°C, une stabilité de taux de la matière sèche est observée du 3^{ème} au 10^{ème} jour de conservation (34,40%), suivie d'une diminution à la fin (32,63%).

Chauhan et al, (2012) ont constaté l'absence de variations significatives des valeurs de Brix au cours de la période de stockage de la confiture de noix de coco (68,6%). Des résultats similaires ont été également rapportés par **vidhya et al, (2010)** ayant travaillé sur la confiture de pomme de bois (68,5%).

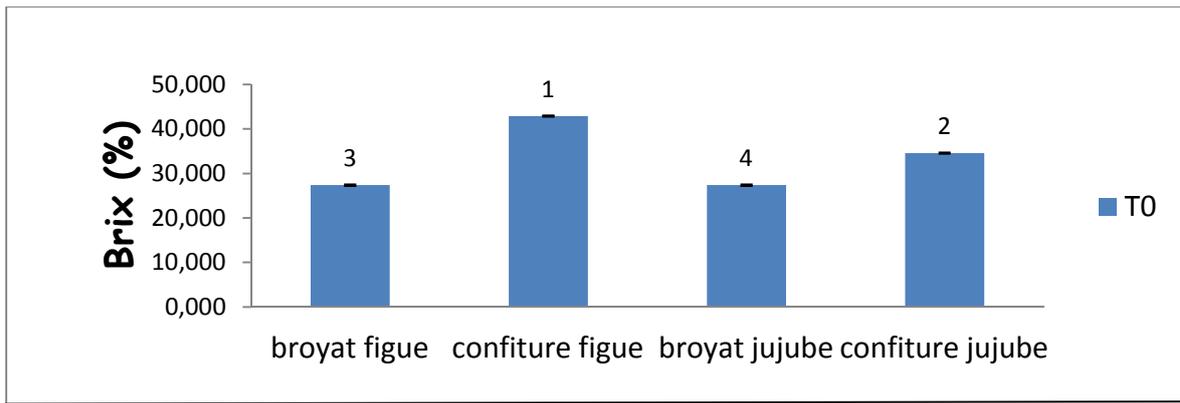


Figure 22 : Indice réfractométrique des broyats des fruits et leurs confitures.

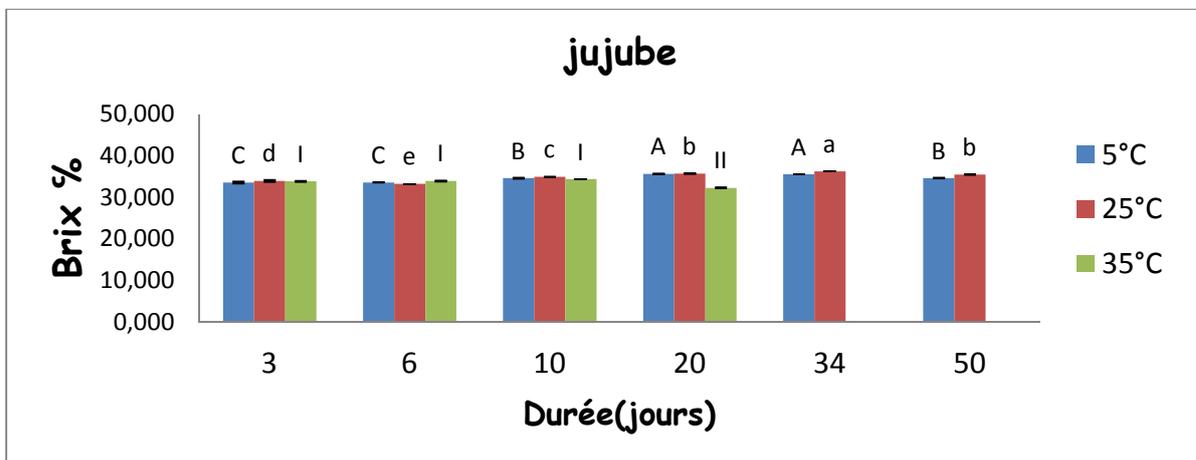
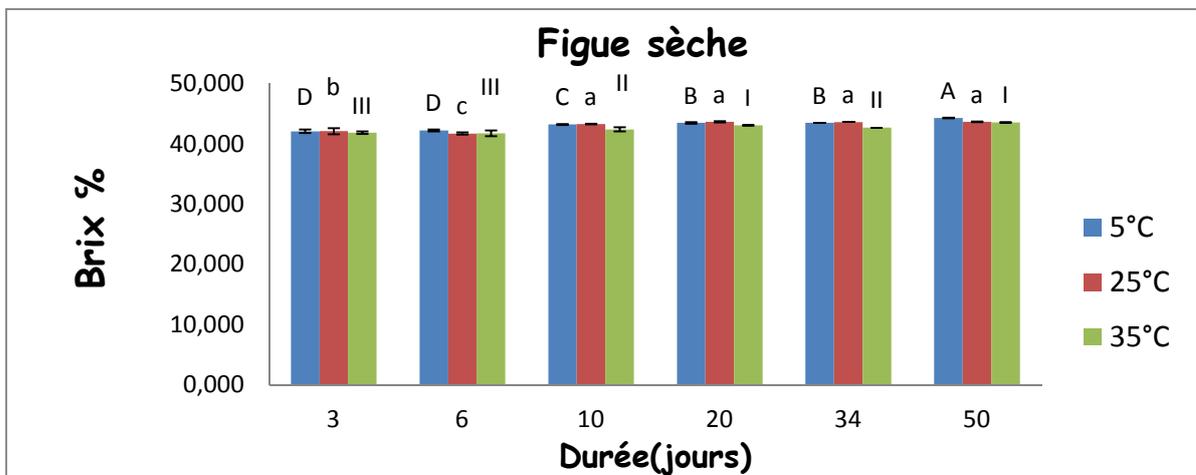


Figure 23 : Evolution de L'indice réfractométrique des confitures analysées au cours de la conservation.

Les barres verticales représentent les écartypes ;

Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) :

Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

II.5. Couleur

Dans le choix de l'aliment, le consommateur est séduit par la couleur du produit ce qui rend le paramètre de la couleur plus important, les valeurs de l'absorbances à 420 nm de broyat de figue sèche et de jujube sont respectivement 0,96 et 1,55 ; ces valeurs diminues après transformation des fruits en confitures, 0,67 pour la confiture de figue sèche et 0,74 pour celle de jujube (Figure 24).

La Figure 25 montre des changements dans les paramètres de couleur pour la confiture de figue sèche et de jujube conservée à 5°C, 25°C et 35°C, l'analyse statistique montre une augmentation de la couleur de confiture de figue sèche conservée à 5°C au bout de 10^{ème} jours (1,08), suivie d'une diminution à la fin de stockage (1,00). La même observation est constatée par **Wicklund et al. (2005)**, lors de la conservation de confiture de fraise stockée à 4°C et 20°C. Cela peut être due à la formation de pigments bruns par réaction de Maillard. Contrairement aux confitures stockées à 25°C et 35°C, une augmentation significative est observée durant tout la période de stockage (1,30 et 1,25, respectivement), à l'exception d'une seule régression enregistrée pour la confiture conservée à 35°C, au 10^{ème} jour (0,63).

Une augmentation significative ($p < 0,05$) est enregistrée pour la confiture de jujube conservée à 5°C au bout de 6^{ème} jours, suivie d'une diminution à la fin de stockage (0,51), alors que pour la confiture stockée à 25°C et 35°C, les résultats montre une diminution au bout de 6^{ème} jours (0,45 et 0,49 ; respectivement) puis elle augmente à la fin de stockage jusqu'à atteindre 0,61 pour la confiture conservée à 25°C et 0,54 pour celle de 35°C.

Igual et al. (2013), ont montré que les valeurs de luminosité de la confiture de pamplemousse stockée à température ambiante ont été maintenues pendant 90 jours.

Certaines fluctuations des différents paramètres physico-chimiques au cours du stockage des deux confitures (jujube et figue sèche) aux trois températures (5°C, 25°C et 35°C) sont dues aux interactions entre les différents constituants des produits et à l'activité enzymatique des microorganismes (bactéries et moisissures) développés au cours du stockage.

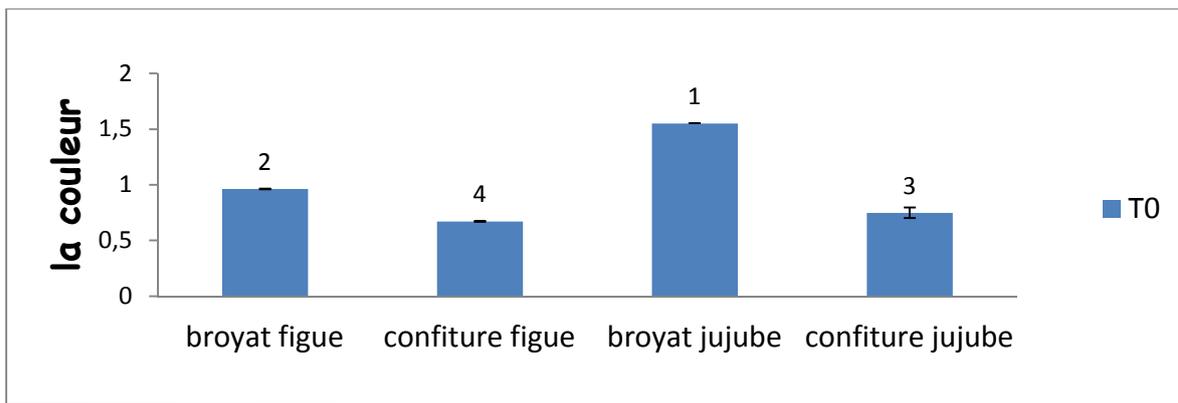


Figure 24 : Couleur des broyats des fruits et leurs confitures

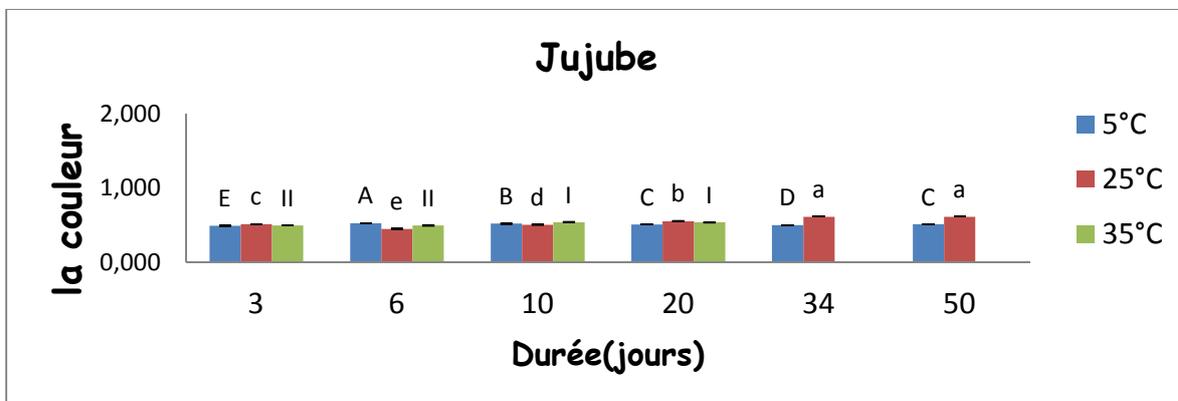
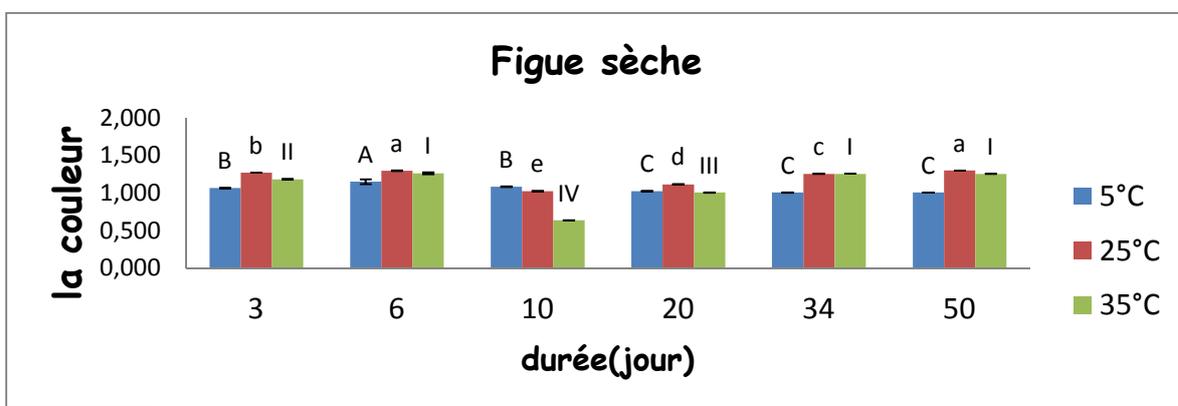


Figure 25 : Evolution de la couleur des confitures analysées au cours de la conservation

Les barres verticales représentent les écartypes ;

Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) :

Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

III. Antioxydants

III.1. Polyphénols totaux

Les composés phénoliques sont des molécules biologiquement actives, ils sont largement répandus dans les fruits et les légumes (**zoughlache, 2009**). En effet, leur rôle d'antioxydants naturels permet à l'organisme de lutter contre les agressions des espèces réactives de l'oxygène. Ces derniers sont à l'origine d'un grand nombre de maladies. Donc, l'étude des antioxydants suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires et cardiovasculaires (**Ojil, 2010**).

Le broyats de figue sèche et de jujube présentent des teneurs en polyphénols totaux de 201,45 et 234,50 mg EAG/100g de produit, respectivement. Ces valeurs sont supérieures à celle obtenue après transformation de ces fruits en confitures. Cependant, à T0 ; la confiture de fige sèche et de jujube montre des teneures en polyphénols totaux de 184,26 et 189,07 mg EAG/100g de produit, respectivement (Figure 26). Ces valeurs sont légèrement supérieures à celles obtenues par **Scibiz et al. (2009)**, pour la confiture de myrtille (146,8-163,2 mg/100g), mais elles restent inférieures aux valeurs rapportées par **Patras et al. (2011)**. pour la confiture de fraise (837,1µg /g).

La Figure 27 représente l'évolution de la teneur en polyphénols des variétés de confiture au cours de la conservation. L'analyse statistique montre une augmentation significative ($p < 0,05$) de la teneur en polyphénols de confiture de figue sèche, durant 20 premiers jours de stockage, (211,18 et 205,59 mg EAG/100g de confiture conservées à 5°C et 25°C, respectivement) ; Au-delà des 20 jours, la teneur reste relativement stable jusqu'à la fin de stockage pour la confiture conservée à 25°C (201,72 mg EAG/100g de produit). À l'inverse, pour la même période, une diminution marquante est enregistrée pour la confiture conservée à 5°C pour atteindre une perte de 18,66 mg EAG/100g. Concernant la confiture conservée à 35°C, une augmentation de la teneur en polyphénols totaux est observée pendant les 34 premiers jours, jusqu'à atteindre une teneur de 344,82 mg EAG/100g de confiture, suivie par une diminution jusqu'à la fin de la conservation (241,63 mg EAG/100g de produit).

Par ailleurs, le suivi de la teneur en polyphénols de la confiture de jujube conservée à 5°C et 25°C, montre une augmentation durant toute la période de stockage pour atteindre une valeur finale de (458,47 et 468,60 mg EAG/100g de confiture, respectivement). Excepté le 10^{ème} jour où le taux des polyphénols a diminué. Pareillement, la teneur en composés phénoliques augmente significativement ($p < 0,05$) durant toute la période de stockage de la confiture de jujube conservée à 35°C. (463,80mg EAG/100g) Cette augmentation peut être associée à une dépolymérisation de certaines macromolécules sous l'effet de la chaleur. Des études similaires effectuées par **Zavala et al. (2004)**, ont noté une augmentation des teneurs en polyphénols durant toute la période de stockage des fraises.

L'évolution de la teneur en composés phénoliques des confitures de fruits dépend de plusieurs facteurs tels que l'état physiologique du fruit, le mode de préparation de la confiture, les conditions de stockage et le type d'emballage (**Marcia et al., 2007**).

Patras et al. (2008), ont constaté une diminution de la teneur en composés phénoliques durant toute la période de stockage pour la confiture de fraise conservée à 5°C et 25°C avec une perte de 36,8 et 17,6 %, respectivement. Même observation est enregistrée par **Scibisz et al. (2009)**, pour la confiture de myrtille avec une perte entre 7 et 17%. Cette diminution peut être due aux différentes conditions de stockage qui causent d'éventuelles la destruction des polyphénols.

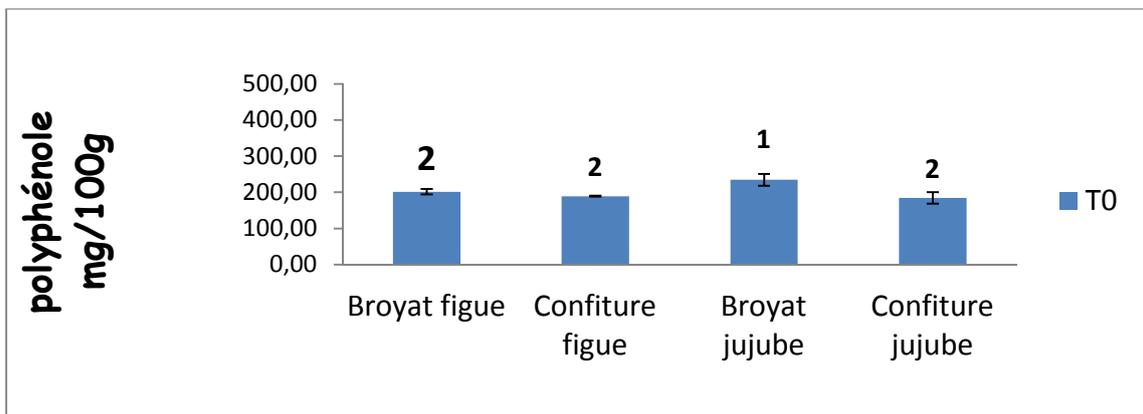


Figure 26: Teneurs en polyphénols des broyats des fruits et leurs confitures.

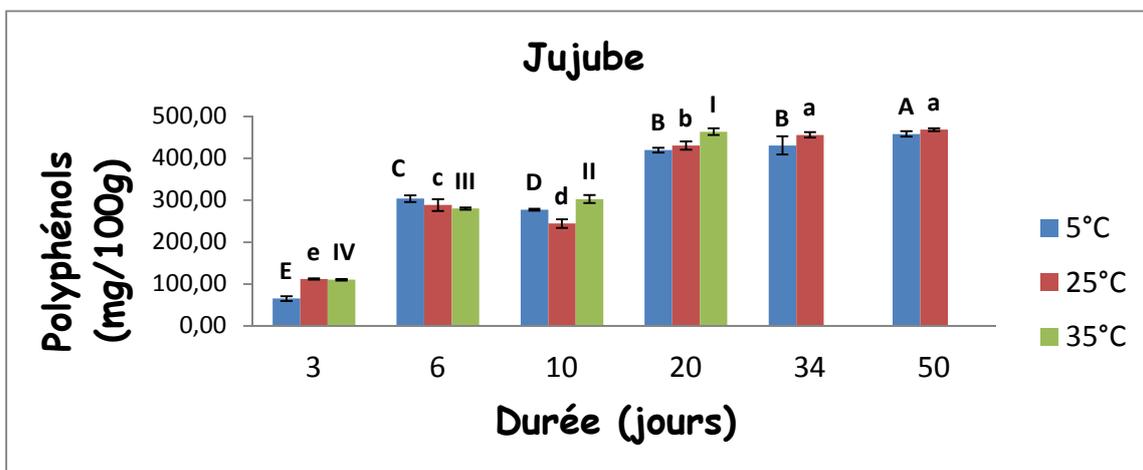
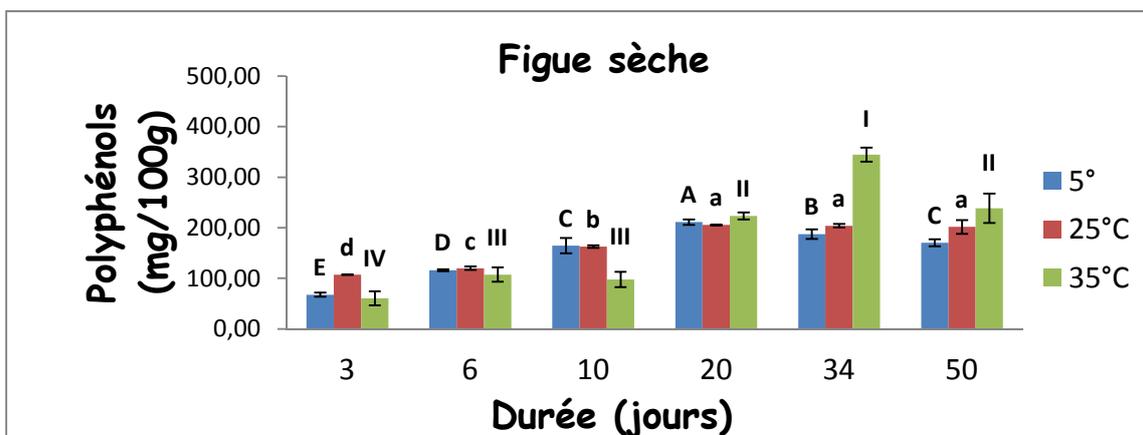


Figure 27 : Evolution des teneurs en polyphénols totaux des confiture analysées au cours de la conservation.

Les barres verticales représentent les écartypes ;
 Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) :
 Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

III.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les constituants majoritaires des polyphénols, ils jouent un rôle de protection des tissus végétaux contre les effets nocifs du rayonnement ultraviolet (**Chira et al., 2008**).

Les confitures de figue sèche et de jujube présentent des teneurs en flavonoïdes de 36,22 et 81,19 mg EQ/100g de produit, respectivement. Ces valeurs sont inférieures à celles observées avant transformation, en effet le broyat de figue sèche et de jujube montrent des teneurs en flavonoïdes de 228,75 et 96,38 mg EQ/100g, respectivement (Figure 28).

Les teneurs en flavonoïdes des confitures analysées et leur évolution au cours de la conservation sont résumées dans la Figure 29. Une augmentation significative ($p < 0,05$) de la teneur en flavonoïdes de la confiture de figue sèche stockée à 5°C et 35°C est observée pendant les 6 premiers jours (46,63 et 47,04 mg EQ/100g de confiture, respectivement), suivie d'une régression durant toute la période de stockage pour la confiture conservée à 5°C (26,64 mg EQ/100g de produit) à l'exception d'une seule augmentation au 34^{ème} jour, Contrairement aux échantillons conservés à 35°C ; après une augmentation dans les 6 premiers jours, la teneur en flavonoïdes a diminué et reste stable durant la période de stockage, ce qui correspond à un taux de perte de 10,62 mg EQ/100g de produit. Pour la confiture conservée à 25°C, les résultats indiquent une stabilité significative jusqu'au 10^{ème} jour, suivie d'une diminution pour atteindre jusqu'à la fin de stockage pour atteindre une valeur de 29,35mg EQ/100g de confiture. Une étude similaire réalisée par **Igual et al. (2013)**, sur la confiture de pamplemousse a montré une diminution de la concentration des flavonoïdes durant toute la période de stockage, ce qui correspond à des taux de perte variant entre 21,5 à 29,3g EQ/100g de produit. Ces résultats correspondent à ceux obtenus par **Levaj et al. (2012)** pour la confiture de fraise avec une perte de 14-20% de teneur en flavonoïdes durant la conservation.

Par ailleurs, l'analyse statistique enregistre une régression de la teneur en flavonoïdes durant les premiers jours de conservation des confitures de jujube stockées à 5°C et 25°C (59,95 et 53,71 mg EQ/100g de confiture, respectivement),

puis les teneurs se stabilisent jusqu'à la fin de stockage pour atteindre des teneurs de 40,59 et 36,22 mg EQ/100g de confiture conserver à 5°C et 25°C, respectivement. Il est probable que les mouvements de molécules sont à plus grande vitesse à température élevée pendant la préparation de la confiture, ce qui fait que les flavonoïdes diffusent rapidement vers l'agent d'extraction (**Xu et al., 2005**), ce qui peut expliquer la diminution mesurée. Contrairement aux échantillons conservés à 35°C qui ne présentent pas de différence significative ($p>0,05$) au cours de conservation. L'évolution des teneurs en flavonoïdes est comme suit (T3 :59,33= T6 :46,63= T10 :57,25= T20 :49,96 mg EQ/100g de produite).

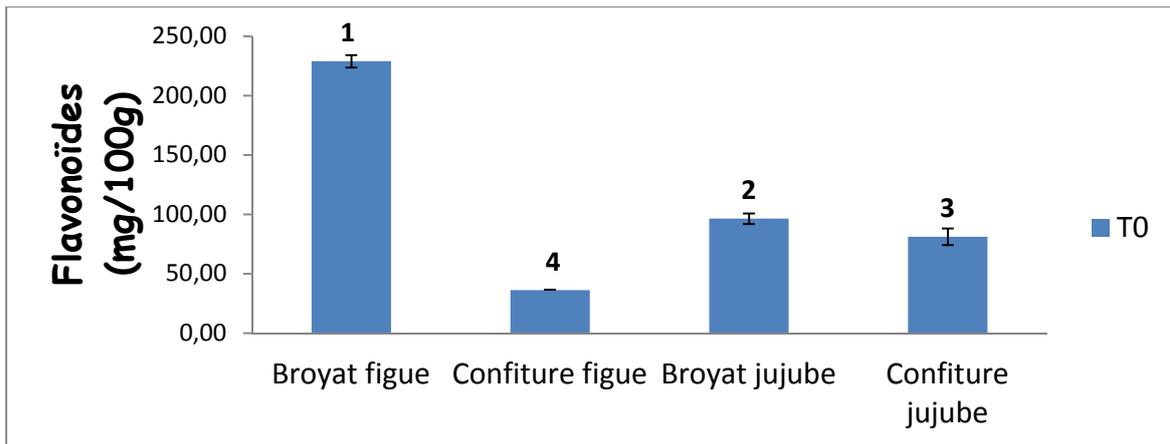


Figure 28 : Teneur en flavonoïde des broyats des fruits et leurs confitures.

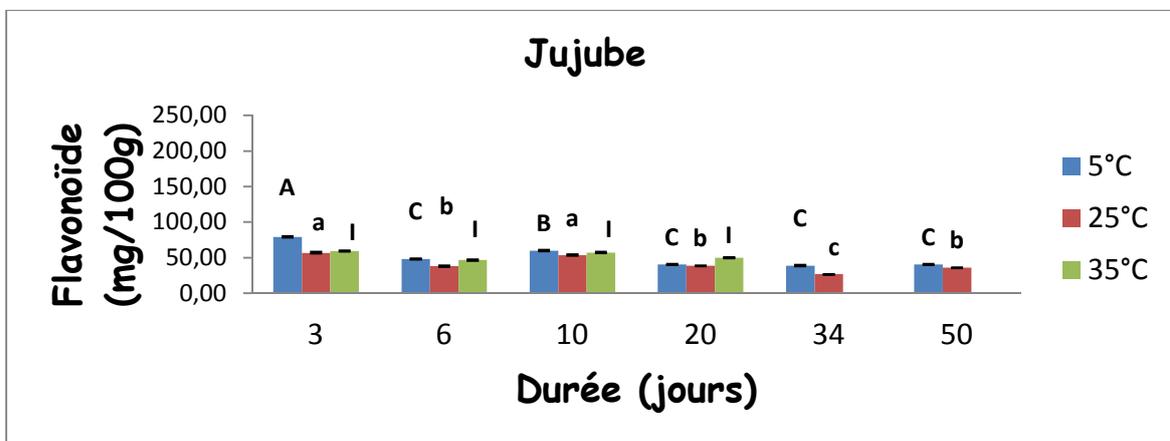
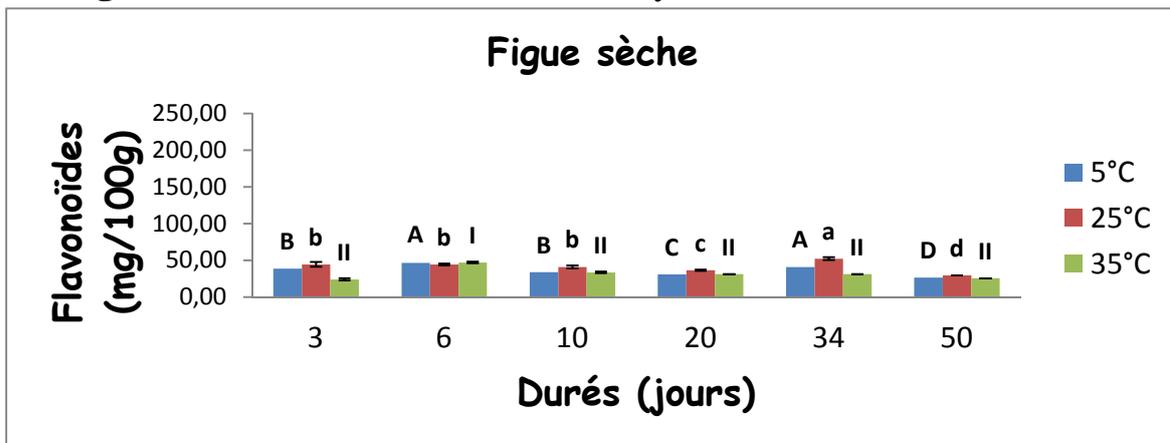


Figure 29 : Evolution des teneurs en flavonoïdes des confitures analysées au cours de la conservation.

Les barres verticales représentent les écartypes ;

Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) : Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement

IV. Activité antioxydante

IV.1. Activité antiradicalaire

L'activité antiradicalaire des extraits des deux types de confitures est estimée par l'utilisation de radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil (DPPH). Cette méthode est couramment utilisée pour évaluer la capacité antioxydante des échantillons étudiés (Wong *et al.*, 2005).

L'activité antiradicalaire de broyat de figue sèche est de 76,16 %, une légère diminution est observée après transformation de fruit en confiture (75,20%). une légère augmentation est enregistrée après transformation de jujube (77,37%), en confiture (82,18%) (Figure 30). La confiture de jujube présente une meilleure activité antiradicalaire par rapport à celle de la confiture de figue sèche. Dans le même contexte, Patras *et al.* (2011) ont enregistré une activité antiradicalaire de 96,8 % pour une confiture à base de fraise.

L'évolution de l'activité antiradicalaire des confitures de figue sèche et de jujube au cours de la conservation à trois températures est illustrée dans la Figure 31. Durant les 6 premiers jours, l'analyse statistique montre une stabilité de l'activité antiradicalaire pour les confitures de figue sèche stockées à 5°C et 35°C (70,38 et 72,15 %, respectivement) ; et une augmentation de l'activité pour les confitures conservées à 25°C. Ensuite, l'activité antiradicalaire baisse à la fin de stockage jusqu'à atteindre 23,91-14,69 et 16,19 % pour les confitures stockées à 5°C, 25°C et 35°C, respectivement.

Concernant la confiture de jujube, la figure montre une augmentation de l'activité antiradicalaire pour les confitures conservées à 5°C, 25°C, et 35°C, pendant les 6 premiers jours de stockage, suivie d'une régression jusqu'à la stabilité de l'activité (33,33 – 31,68 – 36,73 %, respectivement).

Des investigations rapportent une diminution de 50 à 60% de l'activité de piégeage des radicaux à la fin de stockage des fruits de mure, myrtille, framboise, groseille et de confiture de fraise (Amakura *et al.*, 2000). De plus, une même observation est enregistrée par Patras *et al.* (2011) sur la confiture à base de fraise stockée à 4°C et 15°C avec des taux de perte d'activité antiradicalaire de 78,6 et 77,5%, respectivement.

L'augmentation de l'activité antiradicalaire peut être liée à l'augmentation de la teneur en composés phénoliques durant les premiers jours de stockage. Une étude similaire réalisée par **Levaj *et al.* (2012)**, sur une confiture de fraise, a montré que la capacité à piéger le radical de DPPH est influencée par les teneurs en composés phénoliques totaux. Les auteurs suggèrent que les associations entre les propriétés antioxydantes et la proportion en composés phénoliques sont généralement très évidentes en fraise. Par contre, la régression de l'activité antiradicalaire peut être due à l'effet de température et la durée de conservation sur ces confitures.

La capacité à piéger le radical DPPH est probablement liée à la température et la durée de conservation. C'est-à-dire que les deux facteurs influencent sur le pouvoir antiradicalaire et donc sur l'activité antioxydant des confitures. Ce qui explique la dégradation de cette activité à la fin de stockage.

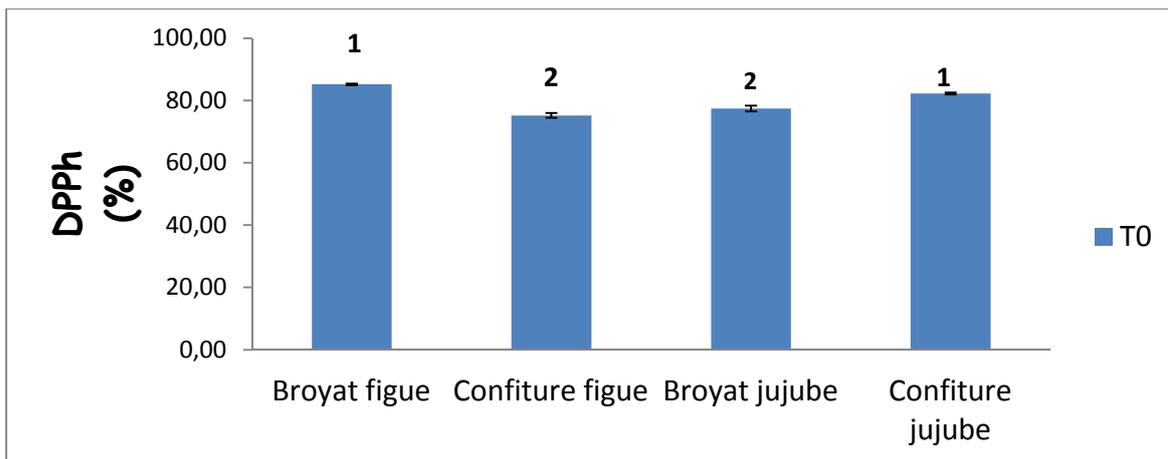


Figure 30 : Activité antiradicalaire des broyats des fruits et leurs confitures.

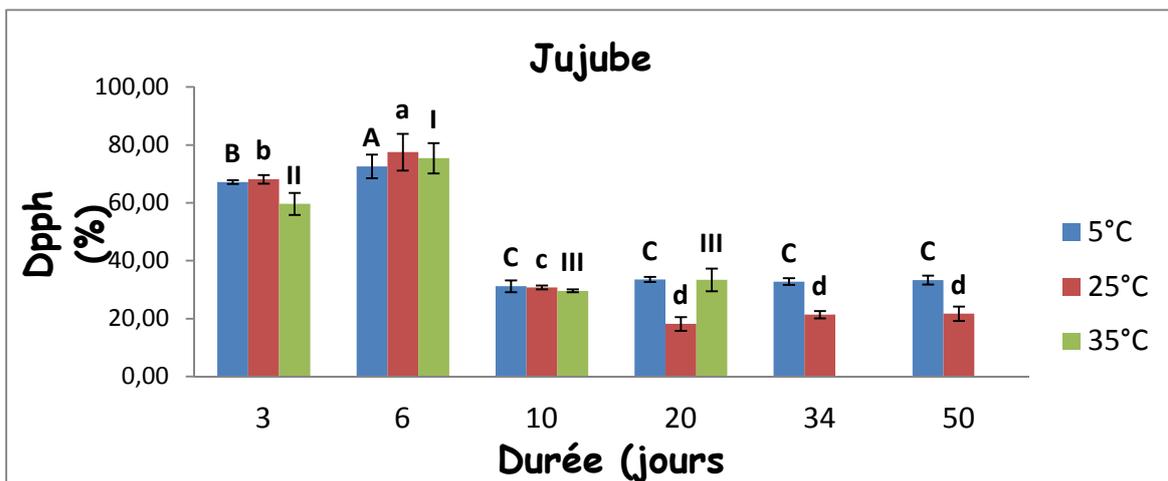
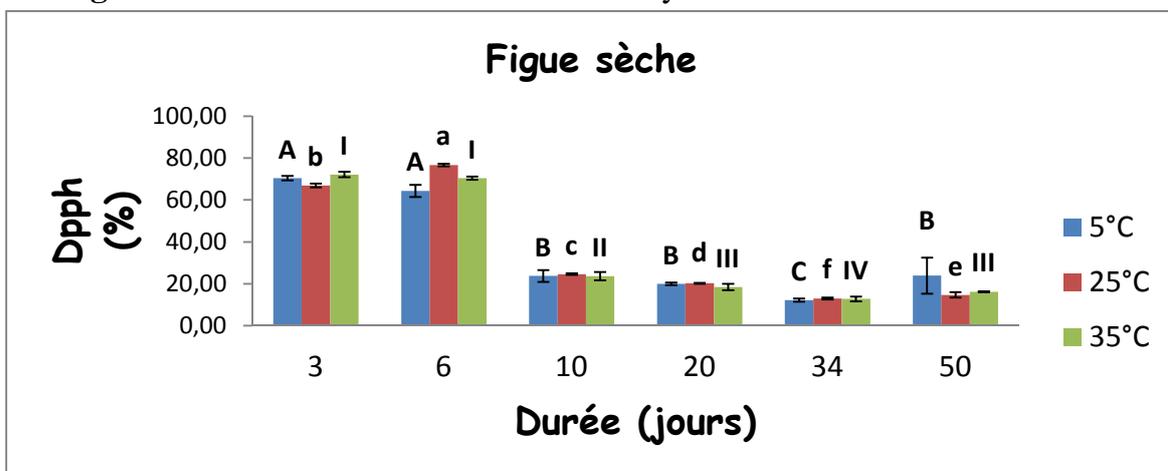


Figure 31 : Evolution de l'activité antiradicalaire des confitures analysées au cours de la conservation.

Les barres verticales représentent les écarts ;

Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) : Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

IV.2. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur de broyat de figue sèche (36,93 mg EAG/100g de produit) est supérieur au pouvoir réducteur enregistrée après transformation de ce fruit en confiture (31,27 mg EAG/100g de confiture). Contrairement à la confiture de jujube qui présente un pouvoir réducteur (34,64 mg EAG/100g de confiture) supérieur à celle du broyat (25,45 mg EAG/100g de produit) (Figure 32).

L'évolution du pouvoir réducteur des confitures étudiées au cours de la conservation sont illustrés dans la Figure 33.

Durant les 6 premiers jours, l'analyse statistique montre une augmentation significative ($p < 0,05$) du pouvoir réducteur des confitures de figue sèche stockées à 5°C, 25°C et 35°C (121,33 – 115,39 et 113,66 mg EAG/100g de confiture). Suivi d'une régression au 10^{ème} et 20^{ème} jour jusqu'à atteindre un pouvoir réducteur de 54,86 – 56,80 et 54,86 mg EAG/100g de produit à 5°C, 25°C et 35°C, respectivement. A la fin de la conservation, une augmentation est observée pour la confiture de figue sèche à trois températures pour atteindre des taux de 116,39 ; 140,05 et 147,09 mg EAG/100g de confiture à 5°C, 25°C et 35°C, respectivement. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus à la fin de stockage de la confiture de jujube conservée à 5°C et 25°C avec un taux du pouvoir réducteur final de 136,32 et 116,46 mg/100g, respectivement, Des résultats différents sont constatés par **Klimczak et al. (2007)**, qui ont enregistré une baisse de 34% et 57% du pouvoir réducteur d'un jus d'orange, après 6 mois de stockage à 28 et 38°C, respectivement. Contrairement à la confiture stockée à 35°C, la figure 32 montre une augmentation du pouvoir réducteur durant le 3^{ème} jour de conservation (124,50 mg EAG/100g de confiture), suivie d'une diminution jusqu'à stabilité à la fin de stockage (70,34 mg EAG/100g de produit).

Le pouvoir réducteur enregistré est probablement due à une teneur en antioxydants et notamment en polyphénols. Ceci s'explique par l'influence de la composition phénolique et le type de ces composés ainsi que leurs structures sur le pouvoir antioxydant (**Kuçük et al., 2007 ; Picinelli lobo et al., 2009**).

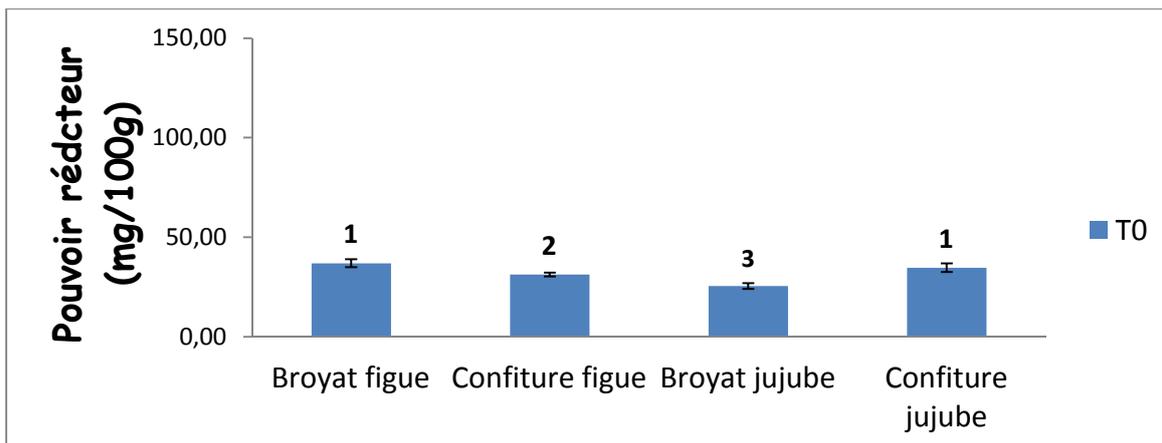


Figure 32 : Pouvoir réducteur des broyats des fruits et leurs confitures.

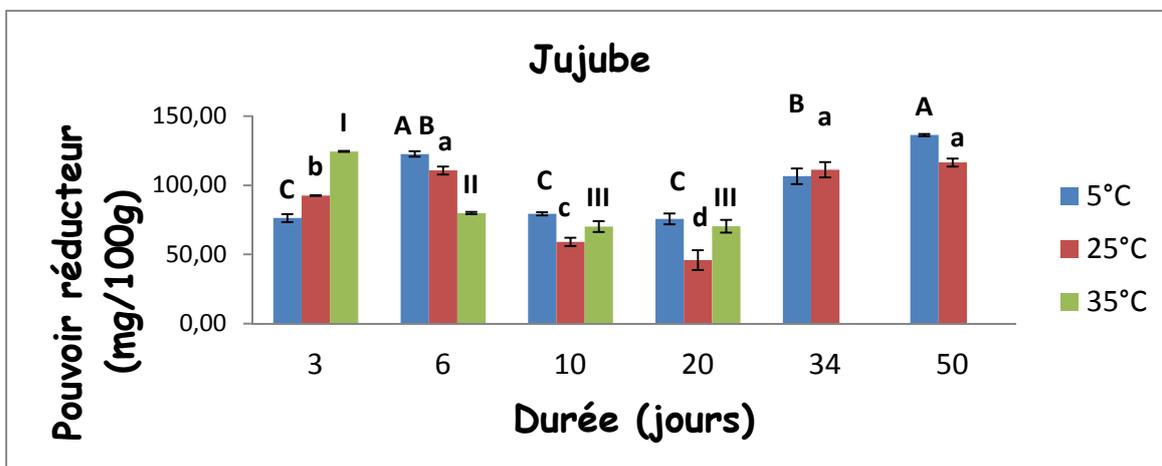
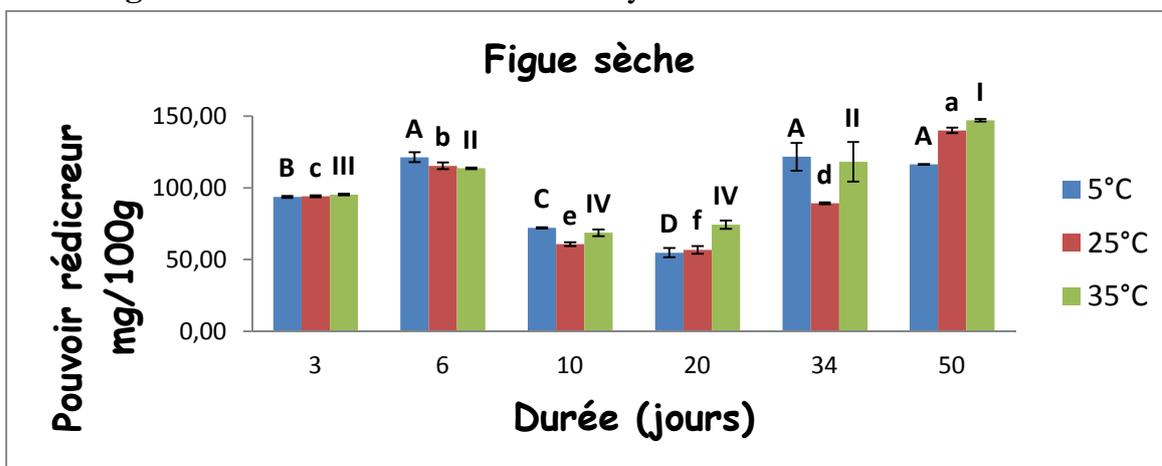


Figure 33 : Evaluation du pouvoir réducteur des confitures analysées au cours de la conservation.

Les barres verticales représentent les écartypes ;

Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$) : Les chiffres numériques, les lettres majuscules, les lettres minuscules, et les chiffres romains sont attribués pour la comparaison statistique des échantillons à T0, 5°C, 25°C, et 35°C, respectivement.

Conclusion

La présente étude porte sur la caractérisation des paramètres physico-chimiques (pH, acidité titrable, Brix, et couleur), et le dosage des principaux antioxydants (Polyphénols totaux, flavonoïdes), ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante (activité antiradicalaire et pouvoir réducteur), des deux confitures traditionnelles (confiture de figue sèche et confiture de jujube), en suivant leur évolution au cours de la conservation à 5°C, 25°C et 35°C durant 50 jours.

Les résultats obtenus montrent un apport élevé des broyats des fruits que les confitures avant le stockage. Au cour de stockage un apport différent est enregistré pour les deux confitures, celle de jujube est la plus riche en polyphénols totaux (189,07 mg/100g), en flavonoïdes (81,19mg/100g) et présente une meilleure activité antioxydante.

Un stockage à 5 °C, 25 °C et 35°C engendre des changements sur les paramètres physico-chimiques des deux confitures traditionnelles. La diminution du pH mesurée durant les premiers jours de conservation est accompagnée avec une augmentation de l'acidité titrable. Une légère altération de la couleur et une augmentation de l'indice réfractométrique sont enregistrés dans la confiture à base de figue sèche. Ces deux derniers paramètres sont significativement réduits dans le cas de la confiture de jujube.

Cette investigation montre également l'influence significative du paramètre température/durée sur les teneures en composés phénoliques, en flavonoïdes et en conséquence, les activités antioxydantes des confitures étudiées. En effet, les teneures en polyphénols totaux et le pouvoir réducteur augmentent significativement durant toute la période du stockage pour les confitures conservées à 35°C. Cependant, des régressions de la teneur en flavonoïdes accompagnée par une diminution de l'activité antiradicalaire sont enregistrées tout au long de la période du stockage des confitures à 25°C.

Parmi les trois températures utilisées (5°C, 25°C et 35°C), les confitures conservées à 35°C présentent les taux les plus importants en composés analysés. Ceci est peut être du à une amélioration de l'extraction des antioxydants à cette température. A l'inverse, les flavonoïdes de confiture à base de figue sèche montrent une bonne rétention à 25°C qu'à 35°C. Ces résultats ne justifient pas la consommation des confitures après conservation à 35°C malgré l'influence positive de ces conditions sur la teneur en antioxydants des confitures à base des fruits. En effet, il existe d'autres facteurs qui altèrent significativement les composés bioactifs contenus dans la confiture comme la qualité d'emballage et risque de contamination suite à une longue conservation.

A la lumière de cette investigation, il en découle plusieurs perspectives. Il serait intéressant :

- ❖ De déterminer avec précision la teneur en composés bioactifs des confitures traditionnelles et d'identifier les composés purs responsables de l'activité antioxydante. Ceci permettra une meilleure connaissance de leur valeur nutritionnelle
- ❖ D'évaluer la qualité microbiologique de ces confitures durant la conservation dans le but de prolonger la durée de vie des confitures.
- ❖ D'effectuer des analyses sensorielles afin de préserver la qualité et la saveur des produits.
- ❖ D'étudier l'influence de l'emballage sur la qualité nutritionnelle des confitures des fruits

Références bibliographiques

« A »

- **Aljane F., Toumi I. et Ferchichi A. (2007).** HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian cultivars. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 6 (5), p. 599-602.
- **Amakura Y., Umino Y., Tsuji S. et Tonogai Y. (2000).** Influence of Jam Processing on the Radical Scavenging Activity and Phenolic Content in Berries. *J. Agric. Food Chem.*48, 6292-6297.
- **Amiot Carlin M. J., Caillavet F., Cuasse M., Combris P., Dallongeville J., Padilla M., Renard C. et Soler L. G. (2007).** Les fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), p 80.
- **André P. (2012).** Les confitures. Edition Artemis. P, 27.
- **Aslanova D., Bakkalbasi E. et Artik N. (2010).** Effect of storage on 5 hydroxymethylfurfural (HMF) formation and colour change in jams. *International Journal of Food Properties*, 13, 904–912.
- **Ayala-Zavala J. F., Wang S. Y., Wang C. Y. et González-Aguilar G. A. (2004).** Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Society of Food Science and Technology*. 37:687-695.
- **Azzi R. (2013).** Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar. Thèse de doctorat, Université de Tlemcen.

« B »

- **Babior B.M., Lambeth J.D. et Nauseef W. (2002).** The neutrophil NADPH Oxidase. *Archive of Biochemistry and Biophysics*. 397: 342-344.

- **Bartosz, G. (2003).** Generation of reactive oxygen species in biological systems. *Comments on Toxicology*. 9: 5-21.
- **Bath P. K. et Singh N. (1999).** A comparison between *Helianthus annuus* & *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*, 67, 389–397.
- **Bellow S. (2012).** Etude des composés phénoliques impliqués dans la réponse des feuilles de vigne au mildiou. Thèse de doctorat, l'université Paris-Sud.
- **Bonnefis S. C. (2005).** Effets biologiques des peroxydes et approche de la participation des aliments composés à leur apport chez le chien et le chat. *Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*.4-75.
- **Boudraa S., Hambaba L., Zidani S. et Boudraa H. (2010).** Composition minérale et vitaminique des fruits de cinq espèces sous exploitées en Algérie : *Celtis australis* L., *Crataegus azarolus* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Elaeagnus angustifolia* L. et *Zizyphus lotus* L. *Fruits*, col 65 : 75-84.
- **Boumendjel M. (2005).** Conservation des denrées alimentaires. Consulté le 23-02-2014, WWW.djamiatic.net.
- **Boveris B. A., Oshino N. et Chance B. (1972).** The Cellular Production of Hydrogen Peroxide. *Biochem. J.* 128: 617-630.
- **Brien J. et Hardy S. (2002).** Fig growing in NSW. Division of Plant Industries, 1-8.
- **Broutin C., Sokona K. et Ndiaye A. (1998).** Fabrication artisanale de boissons, sirops et confitures. Pp : 1-29.
- **Bruneton J. (2009).** Composés phénoliques, shikimates, acétates. In : « Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales » .4^{ème} édition. *Ed. Tec et Doc, Lavoisier Paris*.pp.259-448.
- **Buyse Y. ND. (2001).** Augmenter la valeur nutritive des aliments. 8 : 1-15.

« C »

- **Carrière A., Galinier A., Fernandez Y., Carmona M.C., Pénicaud L. et Casteilla L. (2006).** Les espèces actives de l'oxygène : le yin et le yang de la mitochondrie. *médecine sciences*, vol. 22, n° 1, 2006, p. 47-53.

- **Chauhan A. et Chauhan V. (2006).** Oxidative stress in autism. *Pathophysiology*. 13 :171-181.
- **Chauhan O. P., Archana B. S., Singh A., Raju P. S. et Bawa A. S. (2012).** Utilization of tender coconut pulp for jam making and its quality evaluation during storage. *Food Bioprocess Technology*, 6, 1444–1449.
- **Chira K., Suh J. H., Saucier C. et Teissédre P. I. (2008).** Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6 : 75-82.
- **Codex alimentaire. (2009).** Norme du codex pour les confitures, gelées et marmelades. Codex standar 296. P 1-10.
- **Colin-Henrion M. (2008).** de la pomme à la pomme transformée : impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel caractérisation physique et sensorielle des produits transformés. thèse de doctorat, Université d'Angers.
- **Cortés C., Esteve M. J., Frígola A. et Torregrosa F. (2004).** Identification and Quantification of Carotenoids Including Geometrical Isomers in Fruit and Vegetable Juices by Liquid Chromatography with Ultraviolet-Diode Array Detection., Área de Nutrición y Bromatología. P: 1-10.
- **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. *Hort science* 45(4):707–710.

« D »

- **Danthu P., Soloviev P. et Toure M. (2000).** La domestication du jujubier (*Ziziphus mauritiana lam.*) au Sénégal : quelques résultats concernant sa propagation végétative. *Bulletin de liaison* N° 18.p 32.
- **Depommier D. (1988).** *Ziziphus Mauritiana Lam.* Culture et utilisation en pays kapsiki (Nord-Cameroun). *Revue Bois et Forêts des tropiques*, N° 218: 57-62.
- **Diligent M. B. (2010).** Les confitures: de l'art aux techniques. Mémoire de l'Académie Nationale de Metz. Consulté le 03-04-2014 : document irevues.inst.fr.
- **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., et Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*. 97: 654-660.

- **Dupas C. (2005).** Influence des protéines laitières sur le pouvoir antioxydant et la biodisponibilité des polyphénols du café. Ecole doctorale ABIES.2-231.

« E »

- **Ehsan E. B., Z. P. Naeem A. Ghafoor et M.S. Bahtti. (2002).** Development, standardization and storage studies on watermelon lemon jam. Pak. J. Food Sci. 12 (3-4): 21-24.
- **Ehsan, E.B., Z.P. Naeem, A. Javed and A. Nazir. (2003).** Development, standardization and storage studies on grape fruit apple marmalade. Pak. J. Food Sci. 13 (3-4): 11-15.
- **El-Haci I. A., Didi A., Bekkara F. A. et Gherib M. (2009).** In vitro antioxidant activity and total phenolic contents in methanol crude extracts from the Algerian medicinal plant *Limonistrum Feei*. Scientific study et resrarch. Vol (X) 4.
- **El-Khaloui M. (2010).** Valorisation de la figue au Maroc. Ministère de l'Agriculture et de la pêche maritime. N° 186 : 1-4.
- **Esteki T., et Urooj A. (2012).** Phytochemical Profile and Antioxidant Potential of Different Tissues of *Zizyphus jujube Mill.* International Journal of Food Nutrition and Safety. 1(3): 144-157.

« F »

- **Fang y.Z., Yang S. et Wu G. (2002).** Free radicals, antioxidants and nutrition. Nutrition. 18: 872-879.
- **Favier A. (2003).** Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. Actualité chimique, 11 :108-115.
- **Fontaine E., Barnoud D., Schwebel C. et Lerverve X. (2002).** Place des anti-oxydants dans la nutrition du patient septique. *Réanimation*. 11: 411-20.
- **Fooladi H., Martazavi S. A., Rajaei A., Elhama R., Amir H., Savabi S. K. S. et Salar B. D. (2002).** Optimize the extraction of antioxidant properties of jujube (*Zizyphus Jujube*) using ultrasound-assisted extraction method. Department of Food Science and Technology.1-6.

- **Furet A. (1998).** La magie des confitures. Les 100 meilleures recettes d'un maitre confiturier. Consulter le 15-03-2014 : WWW.decitre.fr

« G »

- **Gamero J.L. (2002).** Production de figues : perspectives pour la commercialisation des figues sèches. Potentialités et perspectives de développement de la figue sèche au maroc, Meknès Maroc. P .52-54.
- **Garait B. (2006).** Le stress oxydant induit par voie métabolique (régime alimentaire) au par voie gazeuse (hyperoxie) et effet de la glisodin. Thèse de doctorat de l'université de Joseph Fourier.
- **Gausson H., Leroy JF. et Ozenda P. (1982).** Précis de botanique, tome II : végétaux supérieure Masson, p 558-560.
- **Gilman E. F. et Watson D. G. (1994).** *Ziziphus jujuba* Chinese Date. Fact Sheet. ST-680: 1-3.
- **Goyal M., Nagori B. P. et Sasmal D. (2012).** Review on ethnomedicinal uses, pharmacological activity and phytochemical constituents of *Ziziphus mauritiana* (*Z. jujuba* Lam., non Mill). Lachoo Memorial College of Science and Technology, 2(2): 107-116.

« H »

- **Haesslein D. et Oreiller S. (2008).** Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Haute Ecole De Santé de Genève, Filière Nutrition et Diététique.
- **Hashempour A., Sharifzadeh K., Bakhshi D., Ghazvini R. F., Ghasemnezhad M., Mighani H. (2013).** Variation in total phenolic, ascorbic acid and antioxidant activity of *citrus fruit* of six species cultivated in north of Iran. International Journal of Agriculture. Vol., 3 (1), 1-5.
- **Haytowitz D. B., Bhagwat S. et Holden J. M. (2013).** Sources of variability in the flavonoid content of foods. Procedia Food Science 2:46-51.

« I »

- **Igual M. Garcia-Martinez E., Camacho M.M. et Martinez-Navarrete N. (2013).** Jam processing and storage effect on β -carotene and flavonoids content in grapefruit. *Journal of Functional Foods*, 5: 736-744.
- **Ingham H., I. (2008).** Making jams, jellies et fruit preserves (B2909). University of Wisconsin-Extension Cooperative Extension, P: 1-64.
- **Iqbel K., Khan A. et Khattak M. M. A. K. (2004).** Biological Significance of Ascorbic Acid (Vitamin C) in Human Health- A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*. 3(1):5-13.

« J »

- **James I. F. et Kuipers B. (2003).** La conservation des fruits et des légumes. © Foundation Agromisa, Wageningen. Serie Agrodok N° 3: 1-95.
- **Jeddi L. (2009).** Valorisation des figues de Taounate :potentiel, mode de stratigie proposée.P.6-29.

« K »

- **Ketata M. (2012).** Effet des prétraitements cryogeniques sur la déshydratation osmotique des bluets. Thèse de doctorat ; Université de Québec.
- **Klimczak I., Malecka M., Szlachta M. et Gliszczynska-Swinglo. (2007).** Effects of storage on the content of polyphenols, vitamine C and the antioxidant activity of orange juice. *Journal of Food Composition and analysis*. 20: 313-322.
- **Koné B., Kalnganire A., et Dombia M. (2009).** La culture du jujubier: un manuel pour l'hurticulteur sahélien. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- **Kuçük M., Kolayli S., Karaoglu S., Ulusoy E., Baltaci C. et Candan F. (2007).** Biological activities and chemical composition of three honey of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100, 526-534.

« L »

- **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.
- **Lawson A. M. (2006).** Etude phytochimique d'une fabacee tropicale, *Lonchocarpus Nicou*. Evaluation Biologique Preliminaire. Thèse de doctorat, Université de Limoges.
- **Levaj B., Kova evi D. B., Bituh M., Dragovi -Uzelac V. (2012).** Influence of Jam Processing Upon the Contents of Phenolics and Antioxidant Capacity in Strawberry fruit (*Fragaria ananassa* × Duch.). *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* 7:18-22.
- **Li C. C. et Lin E. S. (2010).** Antiradical capacity and reducing power of different extraction method of Areca catechu seed. *African Journal of Biotechnology*, 9(46), 7831-7836.
- **Liu S., Manson J. E., Lee I., Cole S. R., Hennekens C. H., Willett W. C. et Burring J. E. (2000).** Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition* .72: 922-8.

« M »

- **Machiels D. et Istasse L. (2002).** La réaction de maillard : importance et application en chimie des aliments. Université de liège. 146 : 347-352.
- **Madi A. (2010).** Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. *Ecole doctorale: Botechnologie végétale*.1-100.
- **Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C. et Jiménez L. (2004).** Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 79 : 727-47.
- **Marcia D. S. P., LojoloM. et Genovese M.I. (2007).** Bioactive compounds and antioxidant capacity of strawberry jams, 127-131.
- **Marinova D.; Ribarova F.2007.** HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20 :370–374.

- **Massot C. (2010).** Analyse des variations de la teneur en vitamine C dans le fruit de tomate et rôle de l'environnement lumineux. Thèse de doctorat. PP : 1-192.
- **Mehinagic E. Bourles E. et Jourjon F. (2011).** Composés des fruits d'intérêt nutritionnel : impact des procédés de transformation sur les polyphénols. Revue Viticulture, Arboriculture, Horticulture. Vol. 43(6) 364-368.
- **Milane H. (2004).** La quercétine et ses dérivés : molécule à caractère prooxydant ou capteur des radicaux libres ; étude et application thérapeutique. Thèse de doctorat, l'université de Louis Pasteur.
- **Mohammedi Z. (2006).** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Laboratoire produits naturels.
- **Mohtadji-lamballais C. (1989).** Les aliments. Edition MALOINE. P, 143.
- **Morgane D. (2013).** Les différents moyens de conservation des aliments. Diététicienne RSD, P :1-14.
- **Mohammad A., Durrani Y., Zeb A., Ayub M. et Ullah J. (2008).** Développement of diet jam from apple grown in swat (NWFP). Food Science and Technology, these de magister, vol 24, No 3.

« N »

- **Nour V., Trandafir I. et Ionica M. E. (2010).** HPLC organic acid analysis in different *citrus* juices under reversed phase conditions. Notula Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca. 38 (1): 44-48.

« O »

- **Ojeil A., El-Darra N., El-Hajj Y., Mouncef P. B., Rizk T. J. et Maroun R. G. (2010).** Identification et caractérisation des composés phénoliques extraits du raisin *chateau ksara*. Lebanese Science Journal. Vol. 11, No. 2.
- **Oliver J., et Palou A. (2000).** Chromatographic determination of carotenoids in foods. Journal of Chromatography A. 881: 543-555.
- **Oukabli A. (2003).** Le Figuier : un patrimoine génétique diversifié à exploiter. INRA, Transfert de technologie en agriculture, 106 :1114-0852.

« P »

- **Pareek S. (2013).** Nutritional composition of jujube fruit. *Emir. J. Food Agric*, 25 (6): 463-470.
- **Patras A., Brunton N. P., Pieve S. D. et Butler F. (2009).** Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10:308–313.
- **Patras A., Brunton N. P., Tiwari B. K. et Butler F. (2011).** Stability and Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Colour in Strawberry Jam during Storage. *Food Bioprocess Technol* 4:1245–1252.
- **Perron N. R. et Brumaghim J. L. (2009).** A review of the Antioxidant Mechanisms of Polyphenol Compounds Related to Iron Binding. *Cell Biochemistry and Biophysics*. 53:75-100.
- **Picinelli Lobo A. P., Garcia Y. D., Sánchez J. M., Madrera R. R. et Valles B. S. (2009).** Phenolic and antioxidant composition of cider. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22:644-648.
- **Pincemail J., Defraigne J., Meurisse M. et Limet R. (1998).** Anti-oxydants et prévention des maladies cardiovasculaires. 3^{ème} partie : caroténoïdes et vitamine A. *Alimentation et Diététique*.
- **Pincemail J. et Defraigne J.O. (2007).** Stress oxydant et antioxydants : mythes et réalités. *Service de Chirurgie Cardiovasculaire et Laboratoire de chirurgie expérimentale (CREDEC)*, 62:4.
- **Poina M.A., Moigradeam D., Dogaru D., Mateescu C., Raba D. et Gerge I. (2011).** Processing and storage impact on the antioxydant properties and color of some low sugar fruit jams. *Romanian biotechnological letters*, Vol 16, No 5.
- **Popovici C., Saykova I. et Tylkowski B. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de génie industriel*. ISSN 1313-8871.

« R »

- **Raj S. J., Joseph B. (2011).** Pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn -An overview. *International Journal of PharmTech Research*, Vol. 3, No.1, pp 08-12.
- **Robards K., Prenzler P. D., Tucher G., Swatsitang P. et Glover W. (1999).** Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*. 66: 401-436.
- **Roger D. (1962).** Making jam commercially. Information division: Canada department of agriculture. Cat. N0, A73 -1144.
- **Roger J.P. (2002).** La conduite du figuier *Ficus carica* L Famille des Moracées Genre ficus; conservation botanique nationale méditerranéenne de Porquerolles. Potentialités et perspectives de développement de la figue sèche au Maroc, Meknès Maroc. P 32-33.
- **Rolland Y. (2004).** Antioxydants naturels végétaux. *Burgundy Botanical Extracts* 11(6):419-424.

« S »

- **San B. et Yildirim A N. (2010).** Phenolic, alpha-tocopherol, beta-carotene and fatty acid composition of four promising jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) selections. *Journal of Food Composition and Analysis* 23:706–710.
- **Schieber A. et Carle R. (2005).** Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications. *Trends in Food Science and Technology*. 16:416-422.
- **Cibisz I. et Mitek M. (2009).** Effect of processing and storage conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of highbush blueberry jams. *Polish Journal of food and nutrition sciences*, Vol. 59, No. 1, pp. 45-52.
- **Servais S. (2004).** Altérations mitochondriales et stress oxydant pulmonaire en réponse à l'ozone: Effets de l'âge et d'une supplémentation en Oméga-3. Thèse de doctorat. N°57 : 13-103
- **Siddiq M., Sinha N. K. et Cash Y. N. (1992).** Characterization of a polyphenol oxidase from Stanley plums. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 132-138.

- **Sindumathi G., Amutha S. (2014).** Processing and quality evaluation of coconut based jam. *Journal of environment science, Toxicology and Food Technology*. Vol 8, pp 10-14.
- **Sophie A., et Sabulard. (2012).** Confiture irratable : des recettes gourmandes vraiment faciles. Edition Leduc. s. p, 11.
- **Sorg O. (2004).** Oxidative stress: a theoretical model or a biological reality. *Comptes Rendus aaaBiologies*. 327: 649-662.

« T »

- **Tchongouang Diene A.T. (2007).** Influence du blanchiment sur les caroténoïdes de l'igname: *Dioscorea schimperiana*. Consulter le 15-04-2014 : www.memoireonline.com.
- **Technical Centre for Agricultural et Rural Cooperation (CTA). (1990).** Conservation des fruits à petite échelle. In conservation par le sucre. Dossier technique n° 14. Genève (Suisse).
- **Tezcan F., Gultekin-Ozguven M., Diken T., Ozcelik B. et Erim F. B. (2009).** Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chemistry*. 115: 873-877.
- **Touati N., Tarazona-Diaz M.F., Aguayo E. et Louaileche H. (2014).** Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*. 145:23-27.
- **Touzi A. et Merzaia-Blama A. (2008).** La conservation des denrées agro alimentaires par séchage dans les régions sahariennes. *Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger* 267-272.
- **Tsao R. et Deng Z. (2004).** Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. *Journal of Chromatography B*. 812: 85-99.

« V »

- **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.
- **Vidaud J. (1997).** Le figuier monographie du CTIFL (Centre technique Interprofessionnel des fruits et légumes), p 267.
- **Vidhya R., et Narain A. (2010).** Formulation and evaluation of preserved products utilizing under exploited fruit, wood apple (*Limonia acidissima*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10, 112–118.
- **Villano D., Fernandez-P. M. S. Moya M. L., Troncoso A. M. et Garcia M. C. (2006).** Radical scavenging ability of polyphenolics compounds towards DPPH free radical. *Talanta*, 71: 230-235.

« W »

- **Wicklund T., Rosenfeld H. J., Martinsen B. K., Sudfor M. W., Lea P., Bruun T., Blomhoff R. et Haffner K. (2005).** Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *Biotechnology and food science*.
- **Wong S. P., Leong L. P., et Koh J. H. W. (2005).** Antioxydant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food chemistry* 99(4): 775-783.

« X »

- **Xu Y., Zhang R. et Fu H. (2005).** Studies on the Nature and Science. Optimal Process to Extract Flavonoids from Red-raspberry Fruits. 3(2): 43-46.

« Z »

- **Zoughlache S. (2009).** Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus L*. Thèse de Magister, Université de Batna.

Résumé

Les conditions de stockage sont des facteurs très importants pour évaluer la qualité d'une confiture de fruits. L'objectif principal de cette présente étude est de mettre en évidence l'impact des conditions de conservation sur les teneurs en antioxydants et l'activité antioxydante des confitures traditionnelles à base de fruits (cas de figue sèche et jujube). Les analyses ont été effectuées pour ces deux confitures avant et après stockage pendant 3, 6, 10, 20, 34, et 50 jours à 5°C, 25°C et 35°C. Les résultats obtenus montrent que la température et la durée de stockage affectent significativement les paramètres physico-chimiques (pH, Brix, acidité et couleur) des confitures analysées. Ces deux paramètres affectent notamment les teneurs en flavonoïdes et l'activité antiradicalaire de toutes les confitures analysées et stockées à 25°C. Durant la conservation, l'augmentation des polyphénols totaux des confitures étudiées est accompagnée par l'augmentation de leur pouvoir réducteur. Cependant d'autres conditions de stockage peuvent influencer négativement la teneur des confitures en ces composés bioactifs.

Mots-clés : confiture de fruits, figue sèche, jujube, antioxydants, activité antioxydante, conservation.

Abstract

Storage conditions are very important factors to evaluate the quality of fruit jam. The aim of this study is to highlight the impact of storage conditions on antioxidants and antioxidant activity levels of a traditional fruit jams (case of dried fig and jujube). The analysis were performed for the two jams after storage for 3 , 6, 10 , 20, 34 , and 50 days at 5 ° C , 25 ° C and 35 ° C. The results showed that temperature and time of storage affect significantly the physico-chemical parameters of the jams (pH, Brix, acidity and color). Especially, These two parameters affect the content in flavonoids and anti-radical activity of the analyzed jams stored at 25 ° C. The increase of total polyphenols jams was accompanied by an increase of the scavenging activity. reducing power. However, other storage conditions can negatively influence the content of jam in these bioactive substances.

Keywords: fruit jam, dried fig, jujube, antioxidants, antioxidant activity, conservation.

Synthèse bibliographique

Chapitre I :

Le stress oxydatif et le

Systeme antioxydant

Chapitre II :

Les fruits et leurs propriétés

Chapitre III :

La conservation des fruits et la confiture

Matériel et méthodes

Résultats et discussion

Conclusion et perspectives

Références bibliographique

Introduction

Annexe I: Courbes d'étalonnage.

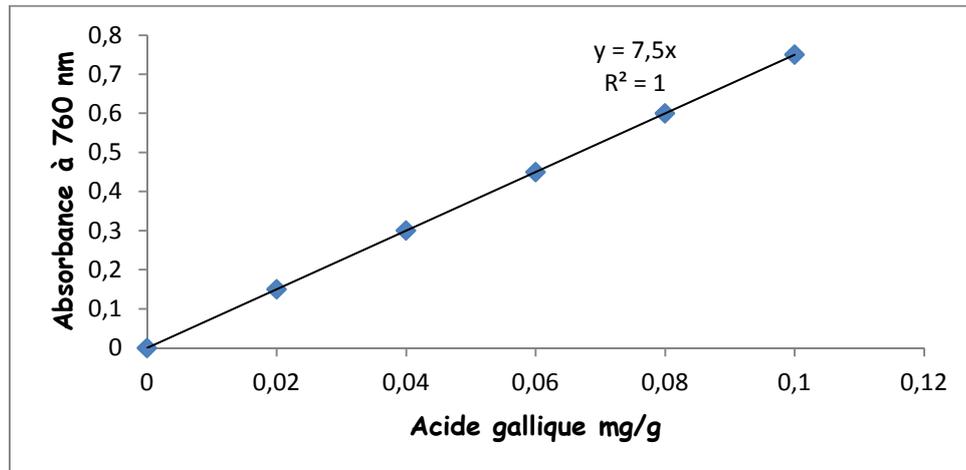


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques

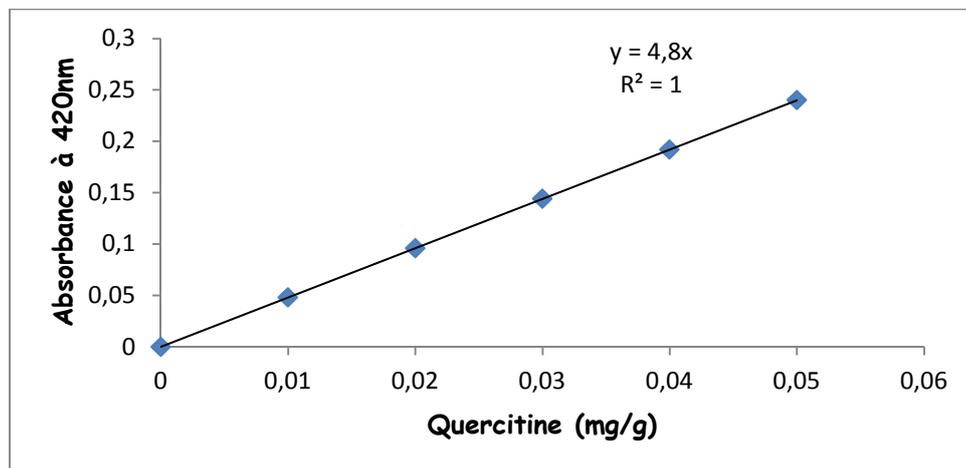


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

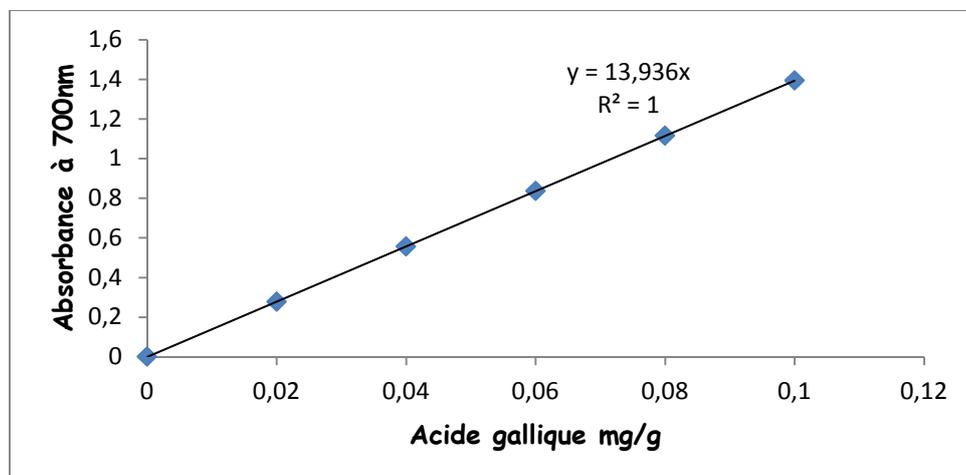


Figure 3 : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

❖ Les sucres solubles

Tableau II: teneur en sucres solubles du jujube (Li et al, 2007 ; Parrek, 2013).

Sures solubles	Teneur %
Fructose	18,6 à 42,9
Glucose	19,2 à 27,2
Rhamnose	10,5 à 14,7
Sorbitol	0,3 à 3,5
saccharose	0,21 à 17,4

❖ Les minéraux

Tableau II: Teneur en minéraux du jujube (mg/100g de jujube) (Li et al, 2007 ; Parrek, 2013).

Minéraux	Teneur
Potassium	79,2 à 458
Phosphore	59,3 à 110
Calcium	45,6 à 118
Magnesium	24,6 à 51,2
Fer	4,68 à 7,90
Sodium	3,22 à 7,61
Zinc	0,35 à 0,63
cuivre	0,19 à 0,42

❖ Les vitamines

Tableau 3: Teneur en vitamines du jujube (mg /100g de jujube) (Li et al, 2007 ; Parrek, 2013).

Vitamines	Teneur
Thiamine	0,04 à 0,09
Riboflavine	0,05 à 0,09
Acide ascorbique	192 à 359