

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Sciences Alimentaires
Option : Bioprocédés et Technologie Alimentaire



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Etude de l'effet de la conservation sur
quelques caractéristiques physico-
chimiques et les propriétés antioxydantes
de pâtes de figes sèches**

Présenté par :

CHELLAH Samira & DJEDI Nadjat

Soutenu le : **14 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

Mme HASSISSENE N
Melle LOUAILECHE H
Mme ABDELFETTAH L

MAA	Président
Professeur	Encadreur
MAA	Examineur

Année universitaire : 2015 / 2016

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné pour achever ce travail.

Au terme de la réalisation de ce travail, nous exprimons notre très grande gratitude au professeur LOUAILECHE H, enseignante à l'université de Bejaia, non seulement d'avoir accepté l'encadrement de ce travail, mais surtout pour son aide, ses orientations judicieuses, sa disponibilité et ses encouragements, sa gentillesse tout au long de la réalisation de ce présent travail.

Nos profonds remerciements à M^{me} HASSISSENE N, enseignante à l'université de Bejaia d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire, à M^{me} ABDELFETTAH L, enseignante à l'université de Bejaia pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Qu'elles trouvent dans ces phrases l'expression de notre profond respect.

Nos vifs remerciements à Mr BOULAHOUAT N et Mr KATI DE pour leurs aides scientifiques précieuses et tous les conseils qu'ils nous ont fournis, les efforts, la gentillesse, et le support qu'on a reçus lors des moments les plus difficiles de ce travail.

Un grand merci à nos enseignants M^{me} LOUAILECHE, Mr BACHIR BEY M, M^{me} MERZOUK H, ainsi que M^{elle} TOUATI N, pour tout ce qu'ils nous ont prodigué comme conseils et encouragements

Merci à toute l'équipe du Laboratoire de Biochimie Alimentaire et particulièrement M^{me} SAADI-AHMED L grâce à qui on a pu profité d'un climat de travail agréable aussi bien sur le plan humain que sur le plan scientifique. Le caractère pluridisciplinaire des chercheurs du Laboratoire essentiellement M^{elles} BENKEROU F, DJAOUDENE O et AMRANE M qui nous ont beaucoup enrichi sur le plan scientifique.



Dédicaces

Je ne trouve aucun mot ou expression, qui vont exprimer mes vifs sentiments de gratitude et remerciement :

A mon très cher père qui n'a jamais cessé de m'apporter tout ce dont j'ai besoin pour réaliser ce travail et dans tout mon parcours éducatif, ainsi de sa tendresse et sa compréhension.

Merci papa ;

A ma chère mère qui a toujours peiné pour me créer les conditions nécessaires pour bien réussir dans mes études.

Je t'aime maman ;

A mes frères et sœurs: Khadidja, Mourad, Abdelmadjid, Sabrina et Rabia.

A toutes mes amies et à toute la promotion de Sciences Alimentaires 2014-2016 et surtout ceux de laboratoire : Samira, Brahim, Hamza.

A mes copines : feriel, Ghania et Sabrina, Lydia, Atika, Hnifa, Farida, lynda, Meriem, Warda Je n'oublierais jamais votre bonté et j'espère être là pour vous comme vous l'êtes pour moi. Je vous aime toutes.

A nous petits anges : Mahdi, Manar, Sayfeddine et surtout Salsabil et Aissam.

Nadjet.



Dédicaces

Qu'il me soit permis à travers ce modeste mémoire d'exprimer ma plus profonde reconnaissance :

A ma chère grand-mère, que dieu la garde pour nous.

A mes très chers parents, symboles de courage, de patience et de tendresse. Je vous aime beaucoup «Yemma et Vava». Je ne saurais vous rendre le centième de ce que vous m'avez donné. Que Dieu vous garde de tout malheur et vous donne longue vie

A mes très chers frères : Mustapha, Abde rahim, Djamel et azeddine et leurs femmes.

Aux petits anges : Adem et Riad, que Dieu leur donne longue vie.

A mes oncles, mes tentes, mes cousines et cousins et, ainsi à toute la famille

CHÉLLAH.

A mes meilleures amies Nadjet, Kahina, Hamza, Brahim, Abdou, Karima, Meriem, Warda qui m'écoutent, me comprennent, me font rire, merci pour la bonne humeur qui vous anime et que vous distribuez largement autour de vous et à toutes la promotion Sciences Alimentaires 2015/2016.

A Mes très chères sœurs de la résidence chacune par son nom, Que dieu les protège de tout malheur.

Samira

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures et tableaux

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

I- La figue3

I-1- Historique3

I-2- Description botanique3

I-3- Taxonomie3

I-4- Morphologie4

II- Production de figue5

II-1-Production mondiale5

II-2- Production nationale et régionale5

III- Utilisation et bienfaits de la figue6

IV- Séchage de la figue7

IV-1- Définition7

IV-2- Objectifs du séchage7

V- Composition chimique et valeur nutritionnelle de la figue.....8

VI- Impact des conditions de conservation sur la qualité de la figue9

Matériel et méthodes

I- Echantillonnage et préparation des pâtes de figues..... 10

II- Evaluation des paramètres physico-chimiques des pâtes de figues 11

II-1- Taux d'humidité11

II-2- Dosage des sucres totaux...11

II-3- Acidité titrable.12

II-4- Dosage des acides aminés libres12

Table des matières

II-5- Détermination des composés phénoliques	13
II-5-1-Préparation des extraits	13
II-5-2-Dosage des composés phénoliques totaux	13
II-5-3-Dosage des flavonoïdes	13
II-6- Détermination de l'activité antioxydante	14
II-6-1-Activité anti-radical DPPH	14
II-6-2- Pouvoir réducteur	14
II-6-3- Activité chélatrice du fer	15
II-7- Teneur en 5-hydroxymethylfurfural (HMF).....	15
III- Analyses statistiques	16
Résultats et discussions	
I- Caractéristiques physico-chimiques des pâtes de figes	17
I-1- Taux d'humidité	17
I-2- pH	17
I-3- Teneur en sucres totaux	19
I-4- Acidité titrable	20
I-5- Teneur en acides aminés libres	21
II- Teneur des antioxydants	22
II-1- Composés phénoliques totaux	22
II-2- Flavonoïdes	23
III- Activités antioxydantes	23
III-1- Activité anti-radical DPPH	23
III-2- Pouvoir réducteur	24
III-3- Activité chélatrice du fer	25
III-4- Teneur en 5-hydroxymethylfurfural	26

Table des matières

IV- Effet de la conservation sur les caractéristiques physico-chimiques des pâtes de figes.....	27
IV-1- Taux d'humidité	27
IV-2- pH	28
IV-3- Teneur en sucres totaux	29
IV-4- Acidité titrable	30
IV-5- Teneur en acides aminés libres	31
V- Effet de la conservation sur les antioxydants des pâtes de figes	32
V-1- Composés phénoliques totaux	32
V-2- Flavonoïdes	33
VI- Effet de la conservation sur l'activité antioxydante des pâtes de figes	34
VI-1- Activité anti-radical DPPH	35
VI-2- Pouvoir réducteur	35
VI-3- Activité chélatrice du fer	36
VI-4- Teneur en 5-hydroxymethylfurfural	37
Conclusion.....	39
Références bibliographiques.....	40
Annexes	

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ANOVA: Analysis of variance

DPPH: Diphényl picryl hydrazyl

DSA: Direction des services agricoles

EG: Equivalent de Glycine

EGlc: Equivalent du Glucose

FAO: Food and agriculture organization

HMF: hydroxymethylfurfural

ISO: International standard organisation

LSD: Less significant difference

MS: Matière Sèche

NF: Norme française

tpm: tour par minute

V: Volume

Liste des figures et tableaux

Liste des figures

Figure 01 : Coupe transversale de <i>Ficus carica</i> . (Haesslein et Oreiller, 2008).....	4
Figure 02 : Présentation des trois variétés de figes étudiées.....	10
Figure 03 : Diagramme de fabrication de la pâte de fige.....	11
Figure 04: Taux d'humidité des pâtes de figes.	18
Figure 05 : Valeur de pH des pâtes de figes.	18
Figure 06 : Teneur en sucres totaux des pâtes de figes.....	19
Figure 07 : Acidité titrable des pâtes de figes.....	20
Figure 08 : Teneur en acides aminés des pâtes de figes.	21
Figure 09 : Teneur en polyphénols des pâtes de figes.	22
Figure 10 : Teneur en flavonoïdes des pâtes de figes.	23
Figure 11 : Activité anti-radical DPPH des pâtes de figes.	24
Figure 12 : Pouvoir réducteur des pâtes de figes.	25
Figure 13 : Activité chélatrice de Fer des pâtes de figes.	26
Figure 14 : Teneur en HMF des pâtes de figes.	27
Figure 15: Evolution du taux d'humidité des pâtes de figes au cours du stockage.	28
Figure 16 : Evolution de pH des pâtes de figes au cours du stockage.....	29
Figure 17 : Evolution des teneurs en sucres totaux des pâtes de figes au cours du stockage.....	30
Figure 18 : Evolution de l'acidité titrable des pâtes de figes au cours du stockage	31
Figure 19 : Evolution des teneurs en acides aminés libres des pâtes de figes au cours du stockage.....	32
Figure 20 : Evolution des teneurs en polyphénols totaux des pâtes de figes au cours du stockage.....	33
Figure 21 : Evolution des teneurs en flavonoïdes des pâtes de figes au cours du stockage.....	34
Figure 22 : Evolution de l'activité anti-radical DPPH des pâtes de figes au cours du stockage.....	35

Liste des figures et tableaux

Figure 23 : Evolution du pouvoir réducteur des pâtes de figes au cours du stockage. .	36
Figure 24 : Evolution de l'activité chélatrice des pâtes de figes au cours du stockage.	37
Figure 25 : Evolution de la teneur en HMF des pâtes de figes au cours du stockage.....	38

Liste des tableaux

Tableau I: Données statistiques sur la production mondiale de figes (en tonnes) (FAO, 2012).....	5
Tableau II : Données statistiques sur la production régionale de figes (quintaux) (DSA, 2014).....	6
Tableau III: Composition de la fige fraîche et sèche en éléments nutritionnels (Composition moyenne pour 100 g) [CIQUAL-CNEVA, 1993].....	8

Introduction

Introduction

La figue est un fruit délicieux et nutritif, doté de propriétés thérapeutiques. Elle est riche en sucres, fibres, sels minéraux, composés phénoliques à propriétés antioxydantes et molécules volatiles responsables de son agréable arôme caractéristique (Slatnar *et al.*, 2011). Les propriétés bénéfiques de la figue sont en relation avec son activité antioxydante due à la présence de composés phénoliques (Vinson *et al.*, 2005). Des études épidémiologiques ont révélé que la consommation des fruits et légumes est associée avec la diminution du risque des maladies cardiovasculaires et des cancers (Wang *et al.*, 2008).

Autrefois, la figue, connue pour ses qualités curatives, était la deuxième denrée après l'huile d'olive. Les habitants des régions montagneuses consomment souvent les figues sèches avec l'huile d'olive, le lait caillé ou la galette pour mieux résister au froid en hiver.

L'importance économique et nutritionnelle de la figue est bien connue. C'est un fruit qui occupe une place de choix dans l'alimentation de nos ancêtres car un Kilogramme de figues sèches représente une valeur énergétique de 2750 Calories, ce qui équivaut approximativement aux besoins journaliers de l'Homme (Ait chebib, 2012).

La production mondiale de figues a été estimée à plus d'un million de tonnes en 2012. L'Algérie fait partie des pays du pourtour méditerranéen dont le climat est favorable à la culture du figuier. Selon les statistiques de la FAO, l'Algérie est le 3ème pays producteur de figues après la Turquie et l'Egypte avec une production estimée à 110 058 Tonnes en 2012.

Les figuiers sont répartis en petites plantations un peu partout au nord de l'Algérie, mais 80% des arbres producteurs sont localisés dans les régions de Tizi-Ouzou et de Béjaïa (DSA, 2014).

Les figues sont consommées le plus souvent à l'état sec. Elles sont aussi transformées en confitures ou marmelades ainsi qu'en jus, liqueurs et sirop de figue (Haesslein et Oreiller, 2008).

Les études portant sur la figue d'Algérie sont peu nombreuses. Par conséquent, la présente étude vise à préparer des pâtes issues de trois variétés de figues (Tamriwthe, Aberkane, Azenjer), à étudier quelques caractéristiques physico-chimiques et propriétés anti-oxydantes au cours de la conservation.

Le présent travail est scindé en deux parties principales :

- La première partie est consacrée à la synthèse bibliographique comportant une vue générale sur les figues sèches, leur composition chimique et leurs bienfaits sur la santé, la

Introduction

production mondiale et locale. L'impact des conditions de conservation sur la qualité des figues.

- La deuxième partie est l'étude expérimentale, qui vise à déterminer l'effet de la durée de conservation sur les caractéristiques physicochimiques (acidité titrable, teneurs en glucides, hydroxyméthylfurfural et acides aminés libres), les teneurs en substances bioactives (polyphénols totaux et flavonoïdes) et les activités antioxydantes (activité anti-radicalaire et pouvoir réducteur) des pâtes de figues.

Synthèse bibliographique

Synthèse bibliographique

I- La figue

I-1- Historique

La figue est un fruit très anciennement connu dans le monde. Cité dans la “**Sourat Attine**” du **Coran**, elle est originaire du Moyen Orient et naturalisé dans plusieurs régions et surtout celles du pourtour du bassin méditerranéen d’où provient l’essentiel de la production mondiale (Vidaud, 1997).

En Algérie, le figuier s’étend du bord de mer jusqu’à plus de 1000 m d’altitude. Son exploitation souvent associée à celle de l’olivier, constitue une ressource alimentaire pour les habitants des montagnes de Kabylie à cause de sa richesse en énergie et en éléments nutritifs; c’est d’ailleurs dans cette partie de l’Algérie que se concentrent la quasi-totalité des figuiers.

I-2- Description botanique

Le nom scientifique donné à la figue « *Ficus carica* » a un qualificatif générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le latex du figuier pour soigner les verrues) et *carica* fait allusion à la région de «*Carie*» en Turquie (Oukabli, 2003).

Le figuier (*Ficus carica*) est une espèce fruitière méditerranéenne appartenant à la famille des *Moraceae*, qui comprend environ 1500 espèces, regroupées en 52 genres, dont le genre *Ficus* qui, à lui seul, comprend environ 700 espèces (Weibes, 1979). Cet arbre à une spécificité de contenir du latex. La figue n’est pas un vrai fruit, mais un réceptacle charnu (le syconium) qui abrite un grand nombre de petites graines (akènes). Lorsque la fécondation se fait, le réceptacle gonfle et les fleurs deviennent les petites graines qui forment le fruit (Haesslein et Oreiller, 2008).

I-3- Taxonomie

Selon Bakshi *et al.* (1999), le figuier est classé comme suit :

Règne : *Plantae*.

Sous-règne : *Tracheobionta*.

Super-division : *Spermatophyta*.

Division : *Magnoliophyta*.

Classe : *Manoliopsida*.

Sous-classe : *Hamamelidae*.

Ordre : *Uticales*.

Famille : *Moraceae*.

Genre : *Ficus*.

Espèce : *Ficus carica* L. (1753).

I-4- Morphologie

La figue se trouve solitaire et sessile sur la branche, sa couleur varie du vert, jaune, rouge-pourpre au noir, de forme pyramidale, des fois arrondie, 5-8 cm de haut, la surface externe couverte de fins poils (Starr *et al.*, 2003). Les plantes appartenant au genre *Ficus* ne montrent pas de fleur comme les autres cultures à fruits (Brien et Hardy, 2002). La figue en réalité n'est qu'un syconium, bourse creuse tapissée de plusieurs centaines parfois de plusieurs milliers de fleurs minuscules. Cette structure renferme une ouverture étroite apicale ou ostiole fermée par des bractées qui ne s'écartent qu'à maturité (Leroy, 1968). A la maturation, le syconium se transforme en une structure charnue, qui renferme de quelques dizaines à plusieurs milliers de petites graines ou akènes, qui sont les vrais fruits (Brien et Hardy, 2002). La figue est composée d'une pellicule (peau ou épiderme), une pulpe constituée d'un réceptacle contenant les graines (akènes), un ostiole (œil ou opercule) et un pédoncule (Figure 01).

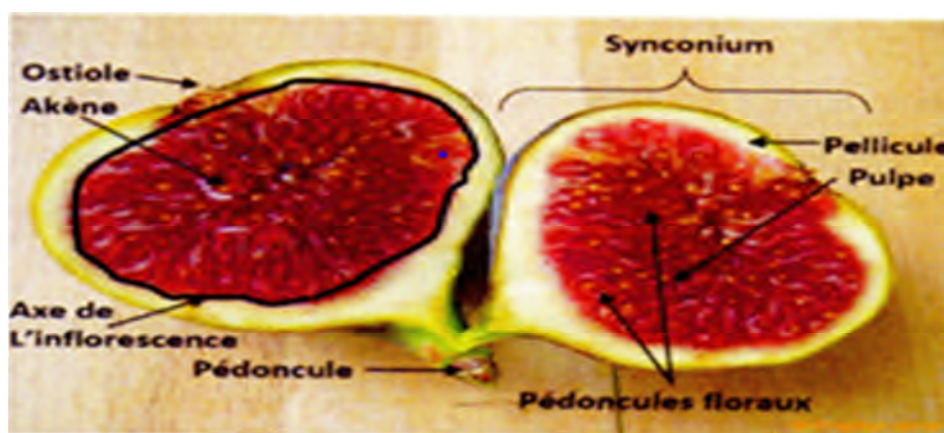


Figure 01 : Coupe transversale de *Ficus carica*. (Haesslein et Oreiller, 2008).

II- Production de figue

II-1-Production mondiale

La production mondiale de la figue est principalement dominée par les pays méditerranéens où l'Algérie occupe la troisième position après la Turquie et l'Egypte. Les dix premiers pays producteurs assurent plus de 80% de la production mondiale totale dont un quart est assuré par la Turquie seule, avec 274 535 tonnes, l'Egypte avec 171 062 tonnes et l'Algérie avec une production de 110 058 tonnes en 2012. (Tableau II)

Tableau I: Données statistiques sur la production mondiale de figues (en tonnes) (FAO, 2012).

Pays	1990	2000	2010	2011	2012
Turquie	300 000	240 000	254 838	260 508	274 535
Egypte	81 485	187 698	184 972	165 483	171 062
Algérie	58 390	54 326	123 763	120 187	110 058
Maroc	58 200	68 400	109 735	114 770	102 694
Iran	77 734	78 163	76 414	67 438	78 000
Syrie	36 900	44 071	40 966	42 944	41 224
Etats-Unis	45 359	50 712	37 113	35 072	35 072
Brésil	24 482	17 207	25 727	26 233	28 010
Albanie	12 600	13 100	18 387	19 600	27 255
Tunisie	27 000	30 000	26 000	26 000	25 000
Production mondiale	1 080 549	1 091 575	1 100 547	1 082 413	1 093 189

II-2- Production nationale et régionale

La production nationale est en augmentation continue avec une production de 60000 tonnes en 2003, de 63 000 tonnes en 2004, estimée à 63 883 tonnes en 2006 (FAO, 2007). Selon le ministère de l'agriculture la région de Kabylie est de loin la plus dominante dans le territoire national dont 80% des arbres producteurs sont localisés dans les régions de Bejaia et Tizi-Ouzou (Anonyme, 2005). Selon les données de la Direction des Services Agricoles de la wilaya de Bejaia la production est en augmentation continue atteint 293 158 quintaux en 2014. Cette production est principalement localisée dans les régions de Seddouk, Akbou et Amizour (DSA, 2014).

Tableau II : Données statistiques sur la production régionale de figue (quintaux) (DSA, 2014).

Région	Figue fraîche	Figue sèche	Total
Kherrata	9300	230	9530
El-kseur	12800	775	13575
Amizour	77570	17604	95174
Timezrit	4500	30	4530
Adekar	5800	0	5800
Sidi-Aich	2960	0	2960
Seddouk	95800	12240	108040
Akbou	21000	3470	24470
Tazmalt	3089	0	3089
Total de la wilaya de Bejaia	254289	35869	293158

III- Utilisation et bienfaits de la figue

La figue peut être consommée sous forme fraîche, grillée ou séchée, elle servait déjà comme un agent sucrant, d'édulcorant bien avant que le sucre ne soit connu.

L'industrie accorde une grande importance à la figue pour ses utilisations diverses. Elle peut être séchée et/ou transformée en plusieurs produits tels que la confiture, les sirops. La figue se caractérise par la présence du latex qui est séché et transformé en poudre, est utilisé pour la coagulation du lait. Il possède une activité protéolytique intense grâce à la présence d'enzymes (Jeddi, 2009).

En médecine traditionnelle, la figue est très utilisée dans diverses maladies telles que les inflammations, les ulcères, l'hépatite, elle possède aussi des activités antivirale, anti-bactérienne, hypoglycémiante, et aide à la régénération cellulaire grâce à sa richesse en vitamines et minéraux (Guvenc *et al.*, 2009). Ce fruit est très conseillé comme aliment car il fournit de précieux antioxydants ayant la capacité de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain qui sont à l'origine des cancers et des maladies dégénératives (Crisosto *et al.*, 2010).

Les figues séchées sont bénéfiques pour les troubles gastro-intestinaux, les voies respiratoires, cardio-vasculaires, un effet antiplaquettaire et des effets spasmolytiques. (Gilani *et al.*, 2008).

Les figues sont utilisées pour leurs vertus médicinales dans les traitements des affections pulmonaires, la toux, les états d'anorexie, les troubles de la circulation sanguine, les varices, l'asthme, l'irritation de la trachée et de la gorge, elles s'adressent également aux individus présentant des troubles intestinaux (intestins irrités, constipation). Pour résister au froid, les populations rurales consomment des figues sèches en les associant souvent à l'huile d'olive le matin à jeûne en hiver. La figue est conseillée aux enfants, femmes enceintes ou allaitantes, personnes âgées, sportifs, travailleurs de force et anémiques (Oukabli, 2003).

IV- Le séchage de la figue

IV-1- Définition

Le séchage des fruits est l'une des méthodes de conservation des aliments sur une période prolongée (Okos *et al.*, 1992). Ce procédé reste une pratique courante, surtout pour les produits locaux (Cantin *et al.*, 2011). Par contre, une mauvaise maîtrise de cette technique entraîne la perte des valeurs nutritives et thérapeutiques de l'aliment (Piga *et al.*, 2004).

Les figues fraîches sont très périssables, c'est pourquoi elles sont surtout séchées ou mises en conserve. Leur durée de vie après la récolte varie selon la variété, la température et le degré de maturité au moment de la récolte. La durée de conservation de la figue est de 24 heures à 25°C et d'une semaine à 4-5°C (Doymaz, 2005).

IV-2- Objectifs du séchage

Le séchage a pour objectif de réduire fortement les diverses actions participant à la décomposition des aliments afin de stabiliser et standardiser les denrées périssables par abaissement de l'activité de l'eau et par inhibition des réactions chimiques indésirables (Okos *et al.*, 1992). Il a pour intérêt de réduire le poids et le volume des aliments afin de minimiser les coûts de conditionnement, de stockage et de transport. Les aliments séchés en général, ne nécessitent pas de réfrigération pour être conservés (Bimbenet *et al.*, 2002).

V- Composition chimique et valeur nutritionnelle de la figue

La figue joue un rôle équilibrant dans l'alimentation, grâce à sa teneur élevée en glucides assimilables qui dépasse les 53%, son faible apport en lipides et l'absence de cholestérol. Par ailleurs la figue constitue une bonne source de vitamines (vitamines C, B1, B2, B5, PP, K) et de sels minéraux (calcium, potassium, phosphore et magnésium). Les fibres alimentaires sont très abondantes dans la figue, puisqu'elles atteignent 8g/100g (El-Khaloui, 2010). Les figues contiennent différents antioxydants, particulièrement des composés phénoliques et des flavonoïdes. La peau des figues, qui est habituellement consommée, contient la majorité des antioxydants du fruit. Les figues de couleur foncée renferment plus d'antioxydants que les variétés de couleur claire (Solomon *et al.*, 2006).

Tableau III: Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels

(Composition moyenne pour 100 g) [CIQUAL-CNEVA, 1993].

Constituants	Figue Fraîche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54,0	224,0
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

* Il s'agit d'une composition moyenne donnée à titre indicatif : les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture.

VI- Impact des conditions de conservation sur la qualité de la figue

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.

Les pertes en certains composés bioactifs tels que les flavonoïdes pourraient être un facteur critique de l'effet de la conservation (Wojdylo *et al.*, 2007). Les glucides peuvent également affecter par la durée de stockage et les températures élevées qui favorisent la transformation des sucres réducteurs en produits de la réaction de Maillard conduisant au phénomène de brunissement non enzymatique (Manthey et Xu, 2010).

Le 5-hydroxyméthylfurfural est également l'un des produits intermédiaires de la réaction de Maillard (réactions entre des acides aminés et des sucres réducteurs: hexoses) qui a lieu dans les aliments riches en glucides (Rufian-Henares *et al.*, 2009). Il est aussi produit par déshydratation acide des hexoses. Sa formation dépend de la température et du pH du milieu (Anese et Suman, 2013).

La température et la durée de stockage ont une influence sur les teneurs en composés phénoliques permettant d'évaluer les pertes de la qualité des dérivés de fruits par le phénomène de brunissement (Odrizola-Serrano *et al.*, 2009).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

I- Echantillonnage et préparation des pâtes de figes

La présente étude est réalisée sur des pâtes de trois variétés de figes sèches : Tamriwthe, Azenjer, Aberkane (figure 03). Ces variétés proviennent de la daïra de Beni-Maouche distante de 75km de la willaya de Bejaia.

Les fruits ont été procurés du lieu de récolte de manière aléatoire ; ils sont triés (sélection des fruits sains sans blessure) puis lavés avec de l'eau potable afin d'éliminer les impuretés. Après cuisson à la vapeur pendant 20 minutes, les fruits sont broyés. Les pâtes obtenues sont réparties en quatre aliquotes de 100g pour chaque variété puis conditionnées dans un film transparent et conservés à température ambiante.

Des analyses physico-chimiques sont effectuées après 20, 40 et 60 jours.



Aberkane

Tamriwthe

Azenjer

Figure 02 : Présentation des trois variétés de figes étudiées.

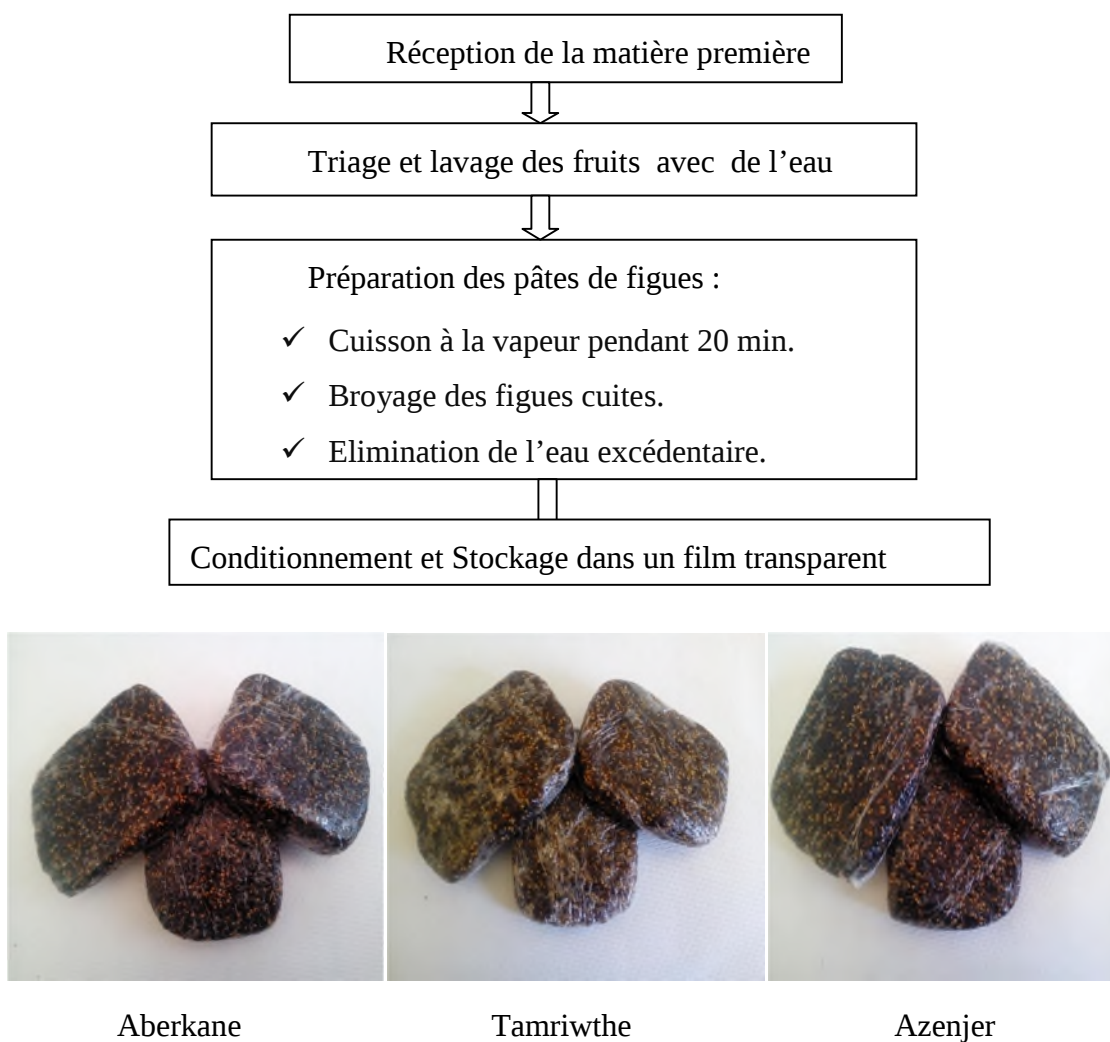


Figure 03 : Diagramme de fabrication de la pâte de fige.

II- Evaluation des paramètres physico-chimiques des pâtes de figes

II-1- Taux d'humidité

Pour la détermination du taux d'humidité, 4g d'échantillon sont séchés à l'aide d'un dessiccateur infra-rouge. Le taux d'humidité est indiqué en pourcentage sur le dessiccateur.

II-2- Dosage des sucres totaux

En milieu sulfurique à chaud les polyosides sont tout d'abord hydrolysés en oses, puis l'ensemble des oses réagit avec l'anthrone pour développer une coloration bleue (Seifter *et al.*, 1950).

0,1 g d'échantillon est mélangé avec 15 ml d'éthanol 80% puis incubé à 95°C pendant 15 min; le surnageant est récupéré par centrifugation à 5000 tpm pendant 10 min. Un volume de 500µl d'extrait est additionné à 2ml de la solution d'anthrone (0,1%). Après

incubation au bain marie à 100°C pendant 10 minutes, les absorbances sont mesurées à 625nm (Samotus *et al.*, 1995).

Les résultats sont exprimés en gramme équivalent de glucose par 100g de matière sèche (g EG/100g MS) en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue a partir d'une solution de glucose (figure 01, Annexe).

II-3- Acidité titrable

L'acidité titrable est déterminée par titration des acides avec une base selon ISO 750 (1998) qui consiste à ajouter de la soude (0,01N) à une solution de 10% de la pâte de figue dans l'eau distillée jusqu'à atteindre un pH $8,1 \pm 0,2$. Les résultats sont exprimés en g d'acide citrique par 100g de matière sèche, selon la formule suivante :

$$\text{Acidité Titrable (g/100g)} = \frac{(\text{C NaOH} * \text{VNaOH} * 0,064) * 100}{\text{prise d'essai}}$$

- **Prise d'essai:** poids de l'échantillon utilisé
- **0,064 :** facteur conventionnel établi pour l'acide citrique.
- **C NaOH :** concentration de NaOH.
- **V NaOH :** volume de NaOH.

II-4- Dosage des acides aminés libres

La détermination de la teneur en acide aminés est basée sur la réaction avec la ninhydrine. L'intensité de la coloration formée est proportionnelle à la quantité d'acides aminés dans l'extrait (Yemme et Cocking 1955).

Les acides aminés sont extraits selon la méthode d'Omokolo *et al.* (2002). 15 ml de l'éthanol (80%) sont additionnés à 0,1g de la pâte de figue puis incubé à 95°C pendant 15 min, après refroidissement et centrifugation à 5000 tpm pendant 10 min, le surnageant est récupéré.

Le dosage des acides aminés libres est effectué selon la méthode de Yemm et Cocking (1955). A une aliquote de 0,5 ml d'extrait, sont ajoutés 0,5ml de tampon citrate (0,2 mol/l, pH=5), 1ml de cyanure de potassium (0,01mol/l) et 0,2 ml de ninhydrine (1%). Le mélange est incubé au bain-marie à 95°C pendant 15min, après refroidissement et ajout de 2,3 ml d'éthanol (60%). L'absorbance est mesurée à 570 nm.

Les résultats sont exprimés en mg/100g de MS en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue à partir d'une solution de glycine (figure 02, Annexe).

II-5- Détermination des composés phénoliques

II-5-1-Préparation des extraits

0,2 g de la pâte de figue sont introduits dans un tube puis 10 ml d'acétone (60%) sont additionnés. Le mélange est incubé dans un bain-marie à 40 °C pendant 2 heures, centrifugé à 2250 tpm/10 min puis filtré (Bachir Bey *et al.*, 2013).

II-5-2-Dosage des composés phénoliques totaux

La teneur en polyphénols totaux des extraits est déterminée par la méthode utilisant le réactif de Folin Ciocalteu qui est constitué d'un mélange d'acide phospho-tungstique et d'acide phospho-molybdique qui sont réduits, dans un milieu alcalin, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène par les composés phénoliques.

Les polyphénols totaux sont dosés par la méthode de Singleton *et al.* (1999). 750 µl de réactif de Folin-Ciocalteu et 400 µl de carbonate de sodium 7,5% sont ajoutés à 200 µl d'extrait. Le mélange est agité au vortex et laissé à l'obscurité pendant 90 min. L'absorbance est mesurée à 730 nm.

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en mg d'équivalent d'acide gallique (EAG)/100 g de MS en utilisant une courbe d'étalonnage (figure 03, Annexe).

II-5-3-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} ; l'intensité de la coloration jaune est proportionnelle à la quantité de flavonoïde présente dans l'extrait.

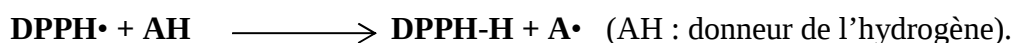
La teneur en flavonoïde est déterminée selon la méthode de Djeridane *et al.* (2006). 1ml de chlorure d'aluminium (2%) est ajouté à 1 ml d'extrait, après incubation à la température ambiante pendant 15 min l'absorbance est mesurée à 430 nm.

La teneur en flavonoïdes est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine (figure 04, Annexe); les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine/100g MS.

II-6- Détermination de l'activité antioxydante

II-6-1- Activité anti-radical DPPH

L'activité anti-radicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical 1,1-diphényl-2-picryl hydrazyl (DPPH•), suite à un transfert d'hydrogène qui provient des différents antioxydants qui se trouvent dans le milieu réactionnel. La réaction de réduction du DPPH provoque la diminution de l'intensité de la couleur violette ; le mécanisme est récapitulé dans la réaction suivante :



L'activité anti-radical DPPH est mesurée selon la méthode de Shimada *et al.* (1992). Un volume de 200 µl d'extrait est ajouté à 1 ml de la solution de DPPH (60 µM). L'absorbance est mesurée à 517 nm après 30 min d'incubation à la température ambiante.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction de radical DPPH selon la formule de Brand-Williams *et al.* (1995) :

$$\% \text{ réduction de DPPH} = \frac{(\text{Abs t} - \text{Abs e}) * 100}{\text{Abst}}$$

- **Abs t** : Absorbance du témoin contenant l'acétone 60%.
- **Abs e** : Absorbance de la solution contenant l'échantillon.

II-6-2- Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur se base sur la réaction d'oxydoréduction. C'est l'aptitude des antioxydants présents dans l'extrait à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) de complexe ferricyanure [$\text{FeCl}_3/\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] en fer ferreux (Fe^{2+}) en présence d'un agent chromogène (KCN).

Le pouvoir réducteur est déterminé selon la méthode de Yildirim *et al.* (2001). 1ml d'extrait est ajouté à 2,5 ml de tampon phosphate (0,2 mol/l, pH 6,6) et 2,5ml de ferricyanure de potassium (1%). Après incubation à 50°C pendant 30 min, 2,5 ml d'acide trichloracétique (10%) sont additionnés. Le mélange est centrifugé à 3000 tpm pendant 10min.

2,5 ml de surnageant sont mélangés avec 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml de chlorure ferrique (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique/100g de MS en utilisant une courbe d'étalonnage d'acide gallique (figure 05, Annexe).

II-6-3- Activité chélatrice du fer

Le principe de ce test est la complexation des ions ferreux avec un composé ligand : 3-(2-Pyridyl)-5,6-diphényl-1,2,4-triazine-4',4''-disulfonate de sodium (ferrozine). Le complexe ferrozine-fer II de couleur violette présente un maximum d'absorption à 562 nm.

L'activité chélatrice du Fer des extraits est déterminée selon la méthode de Decker et Welch (1990). 25 µl de FeCl₂ (2 mM) et 800 µl d'eau distillée sont ajoutés à 250 µl d'extrait. Après 5min, 50 µl de ferrozine (5mM) sont additionnés au mélange et l'absorbance est mesurée à 562 nm après 5 min de réaction.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de chélation selon la formule suivante :

$$\% \text{ chélation de Fer} = \left(1 - \frac{\text{Abs } e - \text{Abs } ble}{\text{abs } t} \right) * 100$$

- **Abs t** : absorbance de témoin contenant l'acétone 60%.
- **Abs e** : absorbance de la solution contenant l'échantillon.
- **Abs ble** : absorbance de la solution contenant l'échantillon sans ajout de ferrozine.

II-7- Teneur en 5-hydroxymethylfurfural (HMF)

La teneur en HMF de la figue est estimée par la méthode de White (1979). Elle consiste en un dosage dans l'UV d'une solution de l'échantillon par rapport à une solution de référence dans laquelle la molécule d'HMF qui absorbe à 284 nm est détruite par ajout de bisulfite de sodium. La différence entre l'échantillon (sans bisulfite) et la référence (avec du bisulfite) entre 284 et 336 nm permet la quantification de l'HMF.

Pour la détermination de la teneur en HMF, 5 g de la pâte de figue ont été additionnés à 25 ml d'eau, transférés dans une fiole jaugée de 50 ml, puis 0,5 ml de solution de Carrez I (15% ferrocyanure de potassium) et 0,5 ml de Carrez II (30% acétate de zinc) sont ajoutés. Le volume est complété jusqu'à 50 ml avec l'eau distillée. La solution est filtrée à travers un papier en rejetant les 10 premiers ml de filtrat.

Un volume de 5 ml est mis dans deux tubes à essai; après ajout de 5 ml d'eau distillée au premier tube et 5 ml de solution bisulfite de sodium (0,2%) au second tube, l'absorbance est mesurée à 284 et 336 nm.

Les résultats sont exprimés en mg d'HMF/100g de MS en utilisant la formule suivante :

$$\text{HMF (mg/100g)} = (A_{284} - A_{336}) * 14,97 * 5/P$$

- **A₂₈₄ et A₃₃₆** : Valeurs des absorbances, respectivement à 284 et 336 nm.
- **14.97** : Facteur spécifique de dilution et de conversion.
- **P** : la prise d'essai.

III- Analyses statistiques

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

Une étude statistique des données et des corrélations est réalisée par un logiciel STATISTICA 5,5. Afin de mettre en évidence les différences significatives entre les variétés pour chaque paramètre, une analyse de la variance (ANOVA/MANOVA) à un facteur suivie du test LSD (la plus petite différence significative) a été appliquée.

Résultats et discussions

Résultats et discussions

I- Caractéristiques physico-chimiques des pâtes de figues

I-1- Taux d'humidité

La détermination de l'humidité des fruits est très importante pour prévoir le rendement après séchage. En effet, le taux d'humidité conditionne les paramètres de conservation des figues et peut être à l'origine des pertes économiques et nutritionnelles causées par les réactions chimiques et enzymatiques et/ou les altérations microbiennes des fruits conservés. Selon la norme internationale fixée par la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (UNECE, 2004) concernant le marketing et la qualité commerciale des figues sèches, la teneur en eau ne doit pas dépasser 26%.

La figure 04 représente les résultats obtenus, au cours de la présente étude, sur les pâtes préparées à base de trois variétés de figues qui sont significativement similaires à $p < 0,05$. Ces résultats montrent que le taux d'humidité est compris entre 21,48 % (échantillon importé) et 22,25 % (variété Tamriwthe). Ils sont en accord avec les données de la littérature.

L'étude menée par Al-Askari *et al.* (2012) a montré des taux d'humidité pour les figues sèches variant entre 20,1 et 23,1 %. Bachir bey (2015) a estimé une valeur moyenne de 20,77% dans une étude des neuf variétés de figues. Les différences entre ces résultats peuvent être la conséquence des conditions écologiques de croissance des figuiers ou bien des mesures agro-techniques appliquées.

I-2- pH

La détermination du pH est très importante pour le contrôle de qualité des denrées alimentaires. Elle indique la qualité de la conservation. En effet, un produit acide est mieux protégé contre les altérations biologiques et enzymatiques, comparé à un produit à pH neutre.

La figure 05 représente les valeurs de pH des différentes pâtes de figues qui sont significativement différentes à l'exception des variétés Aberkane et Tamriwthe. Le pH le plus élevé est celui de la variété Aberkane (4,80), par contre l'échantillon importé présente la valeur de pH la plus basse (4,44).

Al-Askari *et al.* (2012) ont étudié les caractéristiques de 72 échantillons de figues sèches et les valeurs de pH obtenues sont comprises entre 4,9 et 5,4. Piga *et al.* (2004) ont estimé des valeurs de pH environ 4,9 pour les figues sèches. Meziant (2014) dans une étude des neuf variétés de figues a enregistré une valeur moyenne de 5,21. Les résultats de notre étude sont proches de la littérature.

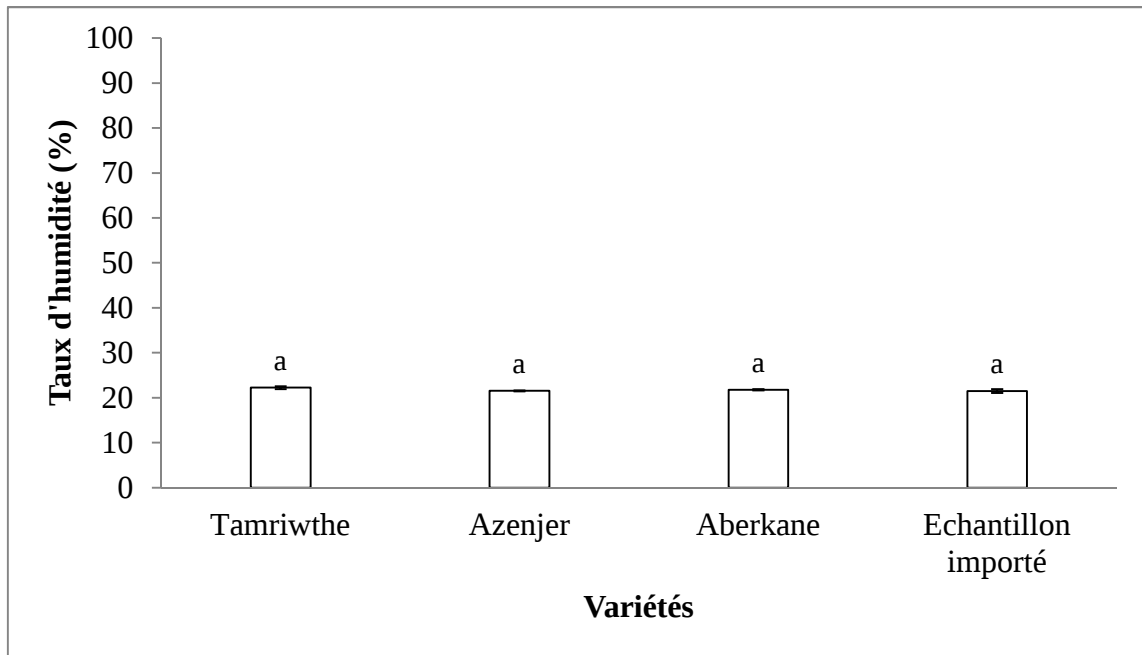


Figure 04: Taux d'humidité des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

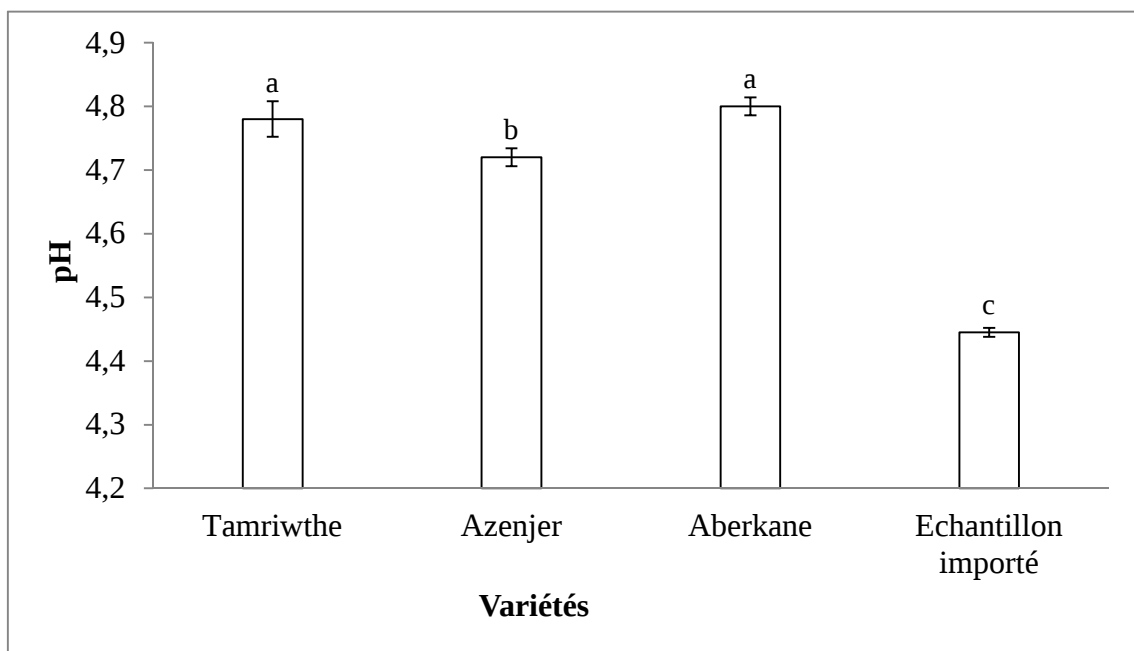


Figure 05 : Valeur de pH des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

I-3- Teneur en sucres totaux

Dans l'alimentation les sucres sont une source importante d'énergie alimentaire ayant toute une série d'effets chimiques, physiques et physiologiques. La concentration en glucides des fruits est d'un grand intérêt à cause de leur influence sur les propriétés organoleptiques, elle conditionne la stabilité et la conservabilité des fruits (Golubev *et al.*, 1987).

La figure 06 présente les teneurs en glucides totaux des différentes pâtes de figes analysées qui sont significativement différentes. La teneur la plus élevée est celle de la variété Aberkane (79,28gEGlc/100g MS) suivie par la variété Azenjer (78,21gEGlc/100g MS), l'échantillon importé contient la plus faible teneur en sucres avec 54,73gEGlc/100g MS.

La concentration en glucides de la fige peut être influencée par de nombreux facteurs dont la variété (Golubev *et al.*, 1987), l'année et la période de récolte (Owino *et al.*, 2004) et le séchage (Slatnar *et al.*, 2011). Les valeurs obtenues dans le présent travail (54,73 à 79,28 g/100g) sont comparables aux résultats rapportés dans la littérature où Vinson (1999) a estimé une teneur en glucides de 66,16 g/100 g pour les figes sèches. Dans d'autres études, des concentrations en glucides de 58,2 g/100 g (El-Khaloui, 2010) et de 56,47 g/100g (Bachir bey, 2015) ont été enregistrées pour les figes sèches.

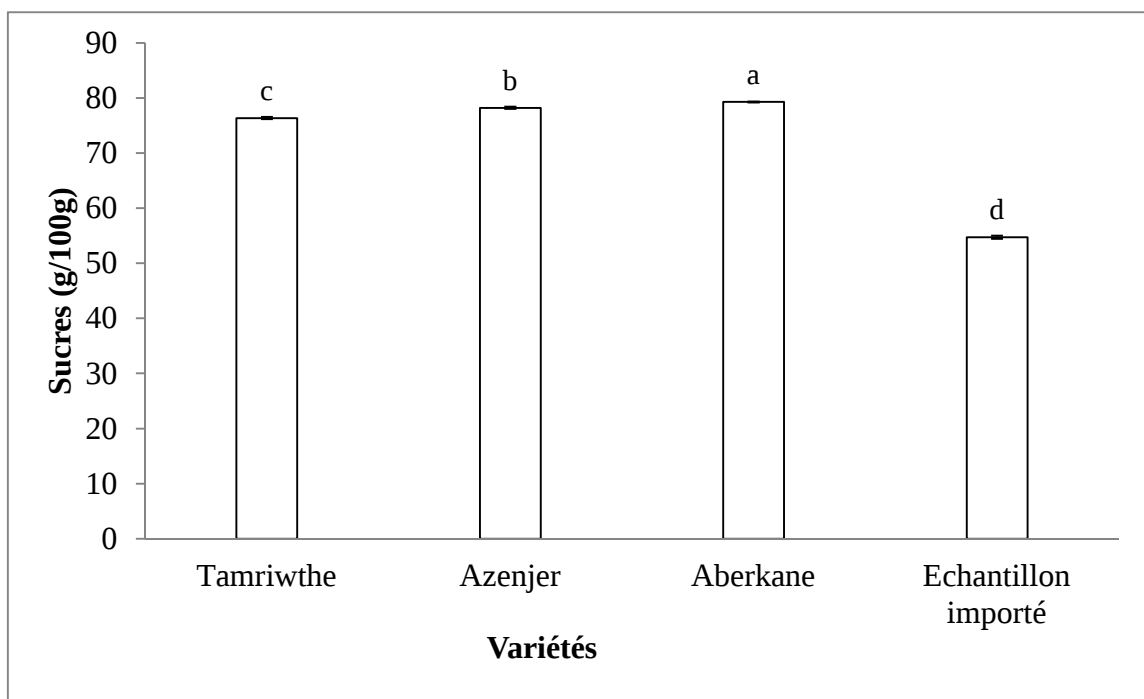


Figure 06 : Teneur en sucres totaux des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

I-4- Acidité titrable

L'acidité regroupe l'ensemble des acides organiques (citrique, malique...) sa teneur reflète directement la stabilité, la qualité et la conservabilité d'une denrée alimentaire.

La maturation est généralement accompagnée par des changements de la teneur en acides organiques, principalement les acides citrique et malique, qui jouent un rôle dans le métabolisme cellulaire (Kays, 1991).

L'acidité des échantillons étudiés est consignée dans la figure 07. Il se dégage de nos résultats que les variétés Tamriwthe et Aberkane ne sont pas significativement différentes avec une faible acidité (0,72 g/100g MS). La variété Azenjer a une acidité de 0,79g/100g MS par contre l'échantillon importé montre l'acidité la plus importante (0,97g/100g MS).

Pour les figues sèches, Al-Askari *et al.* (2012) ont obtenu des résultats compris entre 0,26 et 0,38 g/100 g MS. Bachir bey (2015) a signalé une valeur moyenne de 0,94 qui est comparable aux résultats obtenus dans la présente étude (0,72 à 0,97g/100g MS). La variabilité de l'acidité peut être due à des caractéristiques génotypiques, la récolte tôt ou tard des fruits et les conditions écologiques de croissance des figuiers (Simsek et Yildirim, 2010).

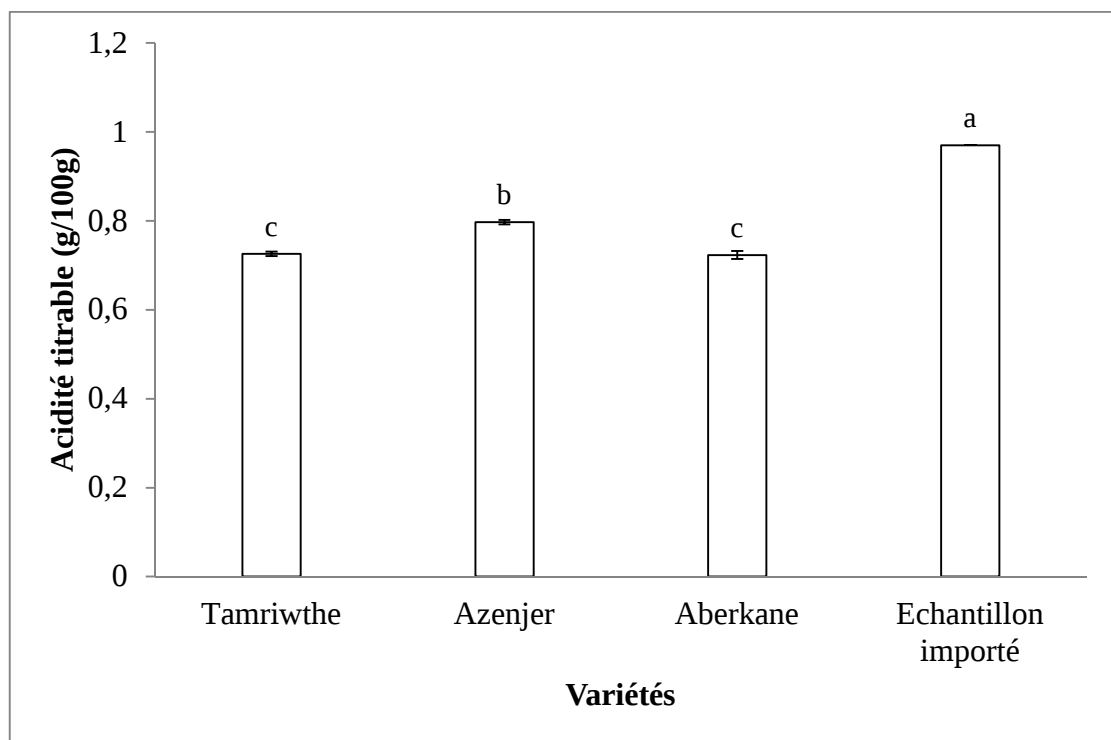


Figure 07 : Acidité titrable des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

I-5- Teneur en acides aminés libres

L'analyse des acides aminés libres est effectuée pour suivre l'évolution de phénomène de brunissement non enzymatique au cours de la conservation qui s'effectue entre les acides aminés et les sucres réducteurs (Buedo *et al.*, 2001).

Les teneurs en acides aminés libres des pâtes de figes sont significativement différentes (figure 08). La teneur la plus élevée est notée pour la variété Azenjer (52,72 mgEG/100g MS). La variété Tamriwthe est la seconde avec 48,42 mgEG/100g MS, suivie par la variété Aberkane (44,12 mgEG/100 MS) et l'échantillon importé.

La détermination de la teneur en acides aminés des fruits et légumes n'a fait l'objet que de rares études. L'étude menée par Favier *et al.* (1993) sur les figes sèches a rapporté des teneurs en acides aminés libres variant de 2,7 à 4,2 g/100g. Des concentrations en acides aminés des figes sèches de 2,75g/100g sont constatées par Lim (2012) alors qu'une valeur moyenne de 0,67g/100g a été enregistrée par Bachir bey (2015).

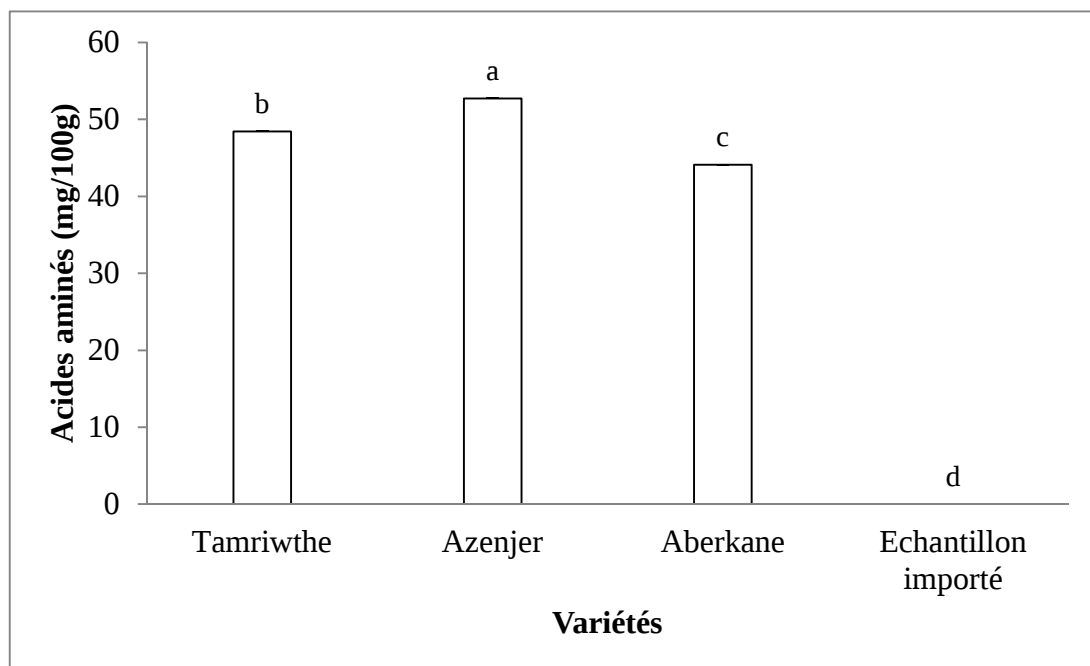


Figure 08 : Teneur en acides aminés des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

II- Teneur des antioxydants

II-1- Composés phénoliques totaux

Les composés phénoliques sont des molécules aromatiques biologiquement actives qui font partie des métabolites secondaires présents chez les végétaux. En effet, leur rôle d'antioxydants naturels permet à l'organisme de lutter contre les agressions des espèces réactives de l'oxygène qui sont à l'origine de grands nombres de maladies. Donc, l'étude des antioxydants suscite de plus en plus d'intérêts pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires et cardiovasculaires (Ojeil, 2010).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux des différents échantillons sont consignés dans la figure 09. L'échantillon importé et les variétés Azenjer et Aberkane ne présentent pas de différence significative à $p < 0,05$ avec des teneurs en polyphénols d'environ 281 mg EAG/100g MS. La variété Tamriwthe montre une teneur d'environ 220 mg EAG/100g MS.

L'analyse réalisée par Vinson *et al.* (2005) de six fruits révèle que la figue est plus riche en polyphénols (360 mg/100g), l'étude menée par Bachir bey et Louaileche. (2015) montre une teneur moyenne de 565,07 mg EAG/100g alors que celle estimée par Meziant (2014) n'est que de 371,91 mg EAG /100g pour les figes sèches.

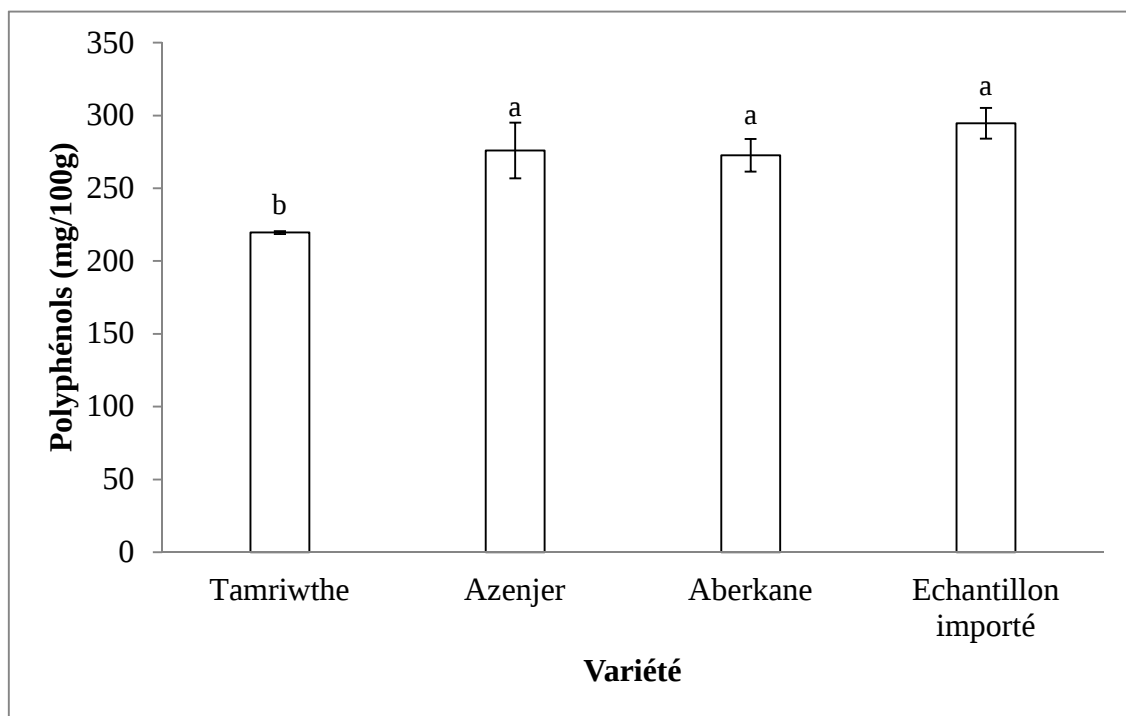


Figure 09 : Teneur en polyphénols des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

II-2- Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont largement représentés dans la quasi-totalité des plantes, notamment dans les fruits et légumes. Certaines activités biologiques telles que les activités anti-inflammatoires, anti-virales et anti-cancéreuses sont attribuées aux flavonoïdes (Marfak, 2003).

La présente étude indique que les teneurs en flavonoïdes sont significativement différentes à $p < 0,05$ (figure 10). La variété Tamriwthe représente la teneur la plus élevée (11,99 mg EQ/100 g MS) suivie par les variétés Azenjer et Aberkane qui montrent respectivement des teneurs de 10,61 et 6,79 mg EQ/100g. L'échantillon importé présente la plus faible teneur (2,02 mg EQ/100 g MS).

L'étude menée par Meziant (2014) a montré des teneurs en flavonoïdes des figes sèches d'environ 18,34 mg EQ/100g.

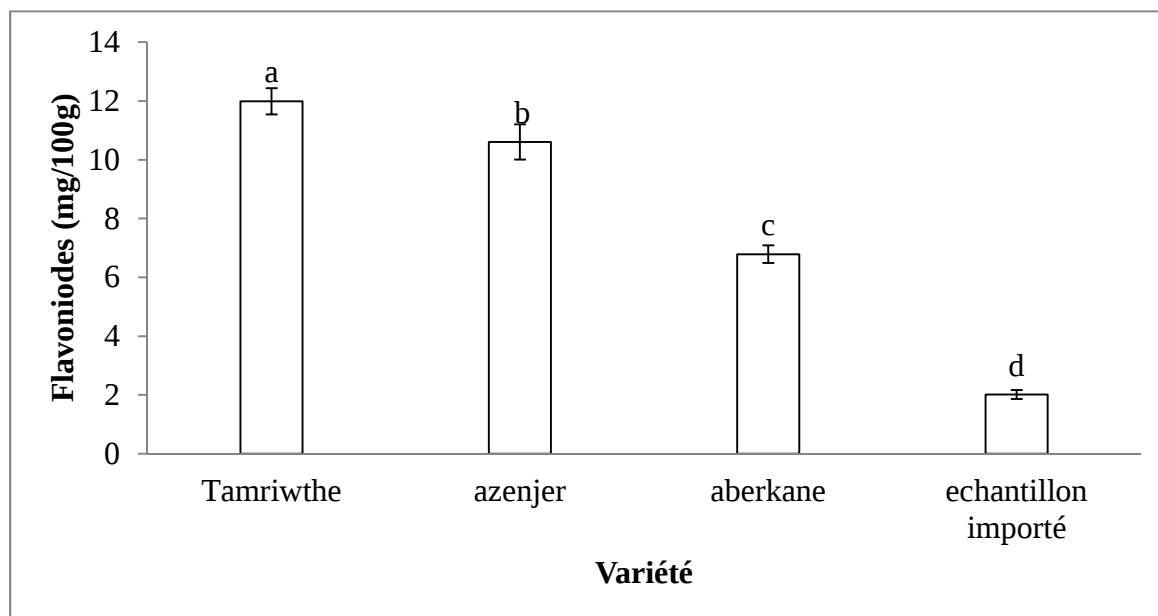


Figure 10 : Teneur en flavonoïdes des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

III- Activités antioxydantes

III-1- Activité anti-radical DPPH

La fige contient des molécules antioxydantes diverses dont l'importance pour la santé réside dans leurs capacités antioxydantes. La seule présence des antioxydants ne suffit pas, et

l'étude de leur activité sur les radicaux libres, responsables de plusieurs maladies, est d'une importance capitale.

Les résultats de l'activité anti-radical DPPH des extraits sont illustrés sur la figure 11. Tous les extraits analysés ont un potentiel de neutraliser le radical DPPH. La comparaison des moyennes a révélé des différences significatives entre les échantillons à l'exception du couple Tamriwthe /Echantillon importé. La variété Aberkane présente la meilleure activité anti-radicalaire (26,8%), suivie par la variété Azenjer (20,9%), puis l'échantillon importé et la variété Tamriwthe avec environ 16%.

Des activités anti-radicalaires environ 41,63% sont enregistrées par Bachir bey et Louaileche (2015) et Meziant (2014) pour les figes sèches. Les différences entre les régions de cultures et les pratiques agricoles, le stade de maturation et les conditions de récoltes et de séchage peuvent aussi être à l'origine de la différence observée entre les activités.

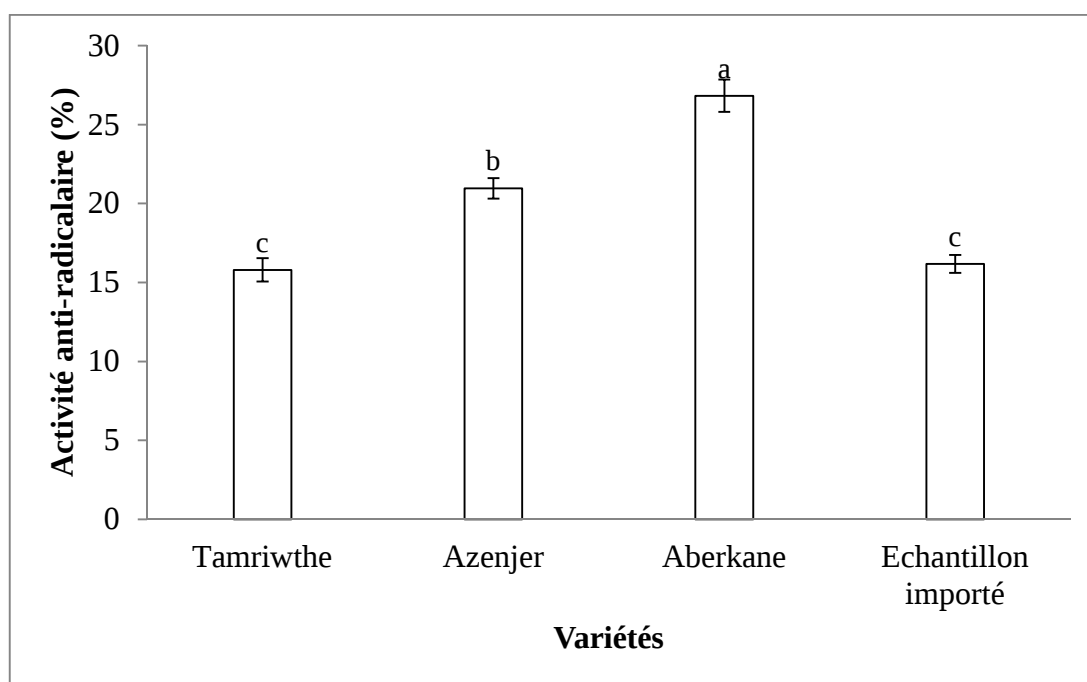


Figure 11 : Activité anti-radical DPPH des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

III-2- Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est un indicateur efficace de pouvoir antioxydant des extraits. Tous les extraits manifestent un potentiel à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{+2}). Un agent réducteur contribue à l'activité antioxydante par sa capacité à céder des électrons aux radicaux libres afin de les neutraliser.

Résultats et discussions

Les résultats de pouvoir réducteur sont présentés dans la figure 12. Les variétés Azenjer et Aberkane qui sont significativement similaires montrent le meilleur pouvoir réducteur d'environ 165 mg EAG/100g MS. Par contre l'échantillon importé et la variété Tamriwthe qui sont significativement différentes montrent des activités de 143 et de 132 mg EAG/100g MS, respectivement.

L'étude menée par Bachir bey (2015) sur neuf variétés de figue a montré une activité moyenne de 573 mg EAG/100g MS.

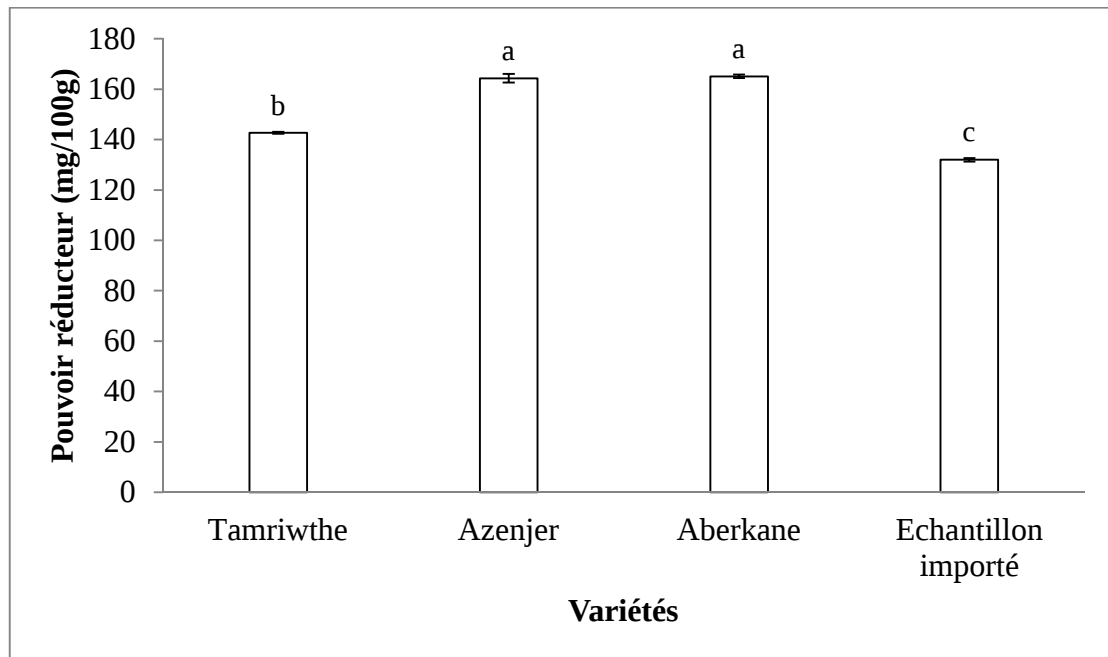


Figure 12 : Pouvoir réducteur des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

III-3- Activité chélatrice du fer

La capacité à chélater les métaux de transition est un important mécanisme de l'activité antioxydante. Les métaux libres peuvent catalyser des réactions d'oxydation et contribuent à la formation des espèces réactives de l'oxygène. Désactiver ces métaux en les liant aux antioxydants, diminue leur action ce qui contribue à la protection des cellules. L'activité chélatrice de fer ou autre métal (cuivre), est par conséquent, une propriété importante à évaluer (Le *et al.*, 2007).

Les résultats obtenus concernant le pouvoir de chélation du fer varient significativement ($p < 0,05$) entre les échantillons étudiés à l'exception des variétés Aberkane et Tamriwthe

(figure 13) ; l'activité la plus élevée est notée pour la variété Azenjer (61%) par contre l'échantillon importé présente une activité de 26%.

L'étude menée par Meziant (2014) sur différentes variétés de figes a montré une valeur moyenne de 57,5%. La différence entre ces résultats peut être expliquée par la présence de plusieurs substances qui sont responsables de l'activité chélatrice, dont les acides organiques, les acides aminés, les composés phénoliques dont les flavonoïdes (Pokorny *et al.*, 2001).

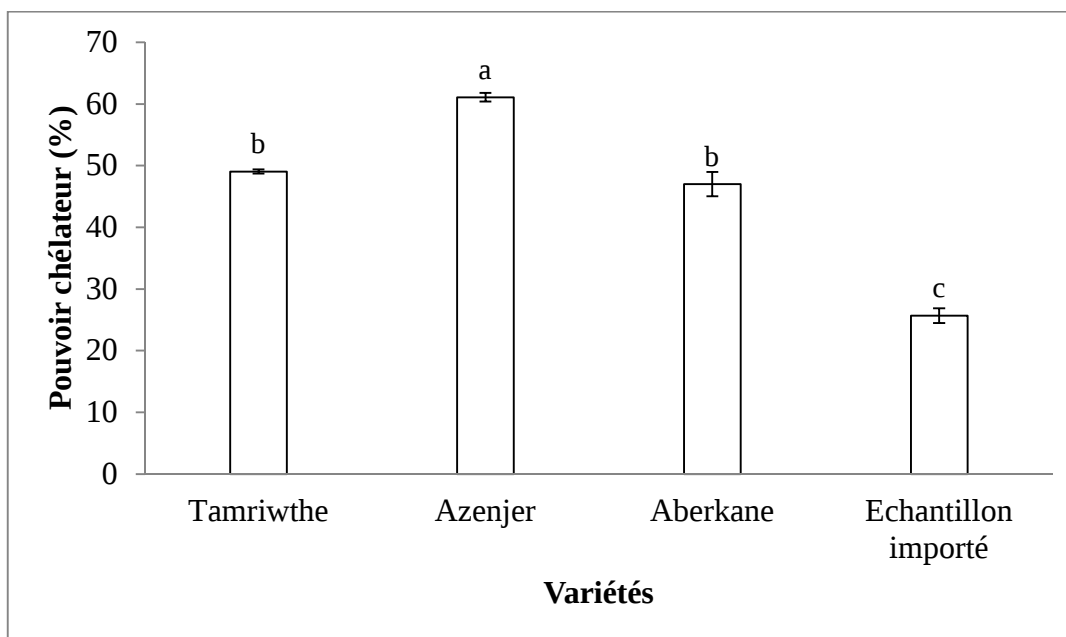


Figure 13 : Activité chélatrice de Fer des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

III-4- Teneur en 5-hydroxymethylfurfural

Le 5-hydroxymethylfurfural ou HMF est un produit reconnu comme indicateur de la détérioration de la qualité nutritionnelle; il se forme suite à un stockage prolongé ou à un traitement thermique intense (Rada-Mendoza *et al.*, 2004). La présence d'HMF dans un produit suscite l'inquiétude des scientifiques; l'HMF et ses dérivés sont cytotoxiques, génotoxiques, cancérigènes et mutagènes (Nassberger, 1990). Cependant, Janzowski *et al.* (2000) ont démontré que ces effets ne se manifestent qu'à de fortes concentrations (supérieure à 10 g/kg) alors que l'apport journalier moyen est évalué à 2,5 mg/kg de poids corporel (Ulbricht *et al.*, 1984). Des études plus récentes estiment l'apport moyen à environ 0,08 mg/kg de poids corporel seulement (Delgado-Andrade *et al.*, 2007).

Résultats et discussions

La figure 14 représente les teneurs en HMF des pâtes de figes analysées qui sont significativement différentes à $p < 0,05$ où l'échantillon importé présente la teneur la plus élevée (0,78 mg/100g MS) alors que la teneur la plus faible est notée par la variété Tamriwthe (0,15 mg/100g MS).

Selon Husoy *et al.* (2008), le contenu en HMF des raisins secs est de 0,5 mg/100 g. Dans la présente étude les teneurs en HMF varient entre 0,15 et 0,78 mg/100 g MS. Ces résultats peuvent être expliqués par la modération du séchage utilisé. Meziant (2014) a rapporté une teneur de 0,45 mg/100g des figes sèches.

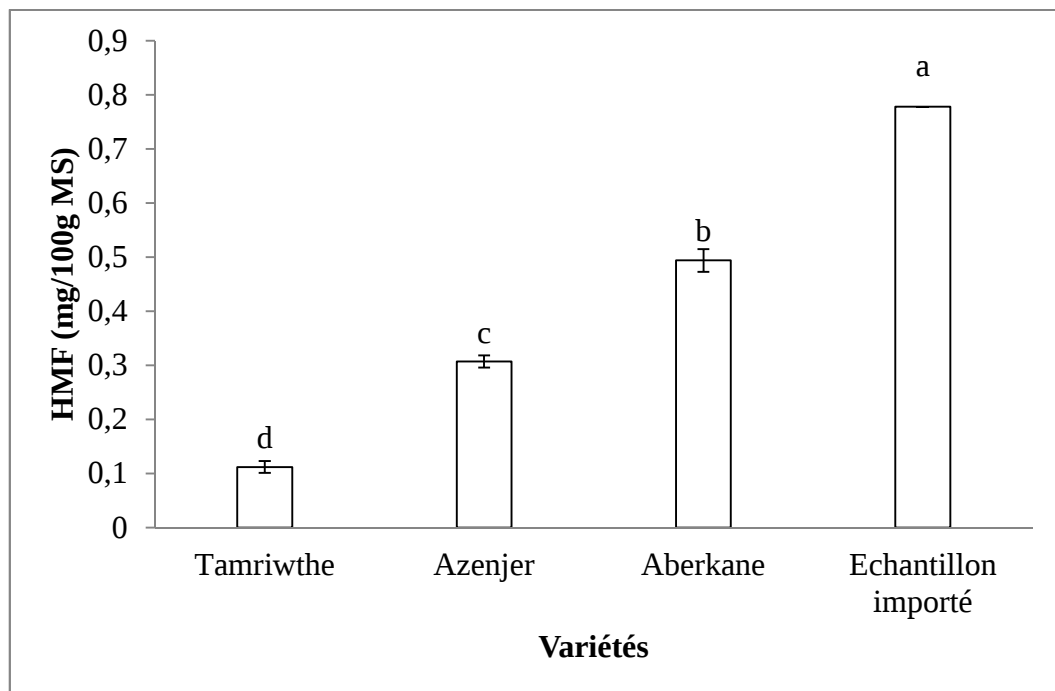


Figure 14 : Teneur en HMF des pâtes de figes.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

IV- Effet de la conservation sur les caractéristiques physico-chimiques des pâtes de figes

IV-1- Taux d'humidité

L'évolution du taux d'humidité des différentes pâtes de figes au cours du stockage à la température ambiante pendant une durée de 60 jours est représentée dans la figure 15. Cette figure montre des différences significatives à $p < 0,05$ au cours du stockage des trois pâtes. Une légère diminution de taux d'humidité de 22,28 à 21,08% pour la pâte Tamriwthe et de

Résultats et discussions

21,76 à 20,27% pour la pâte Aberkane. La pâte Azenjer est relativement stable de 21,53 à 21,02%.

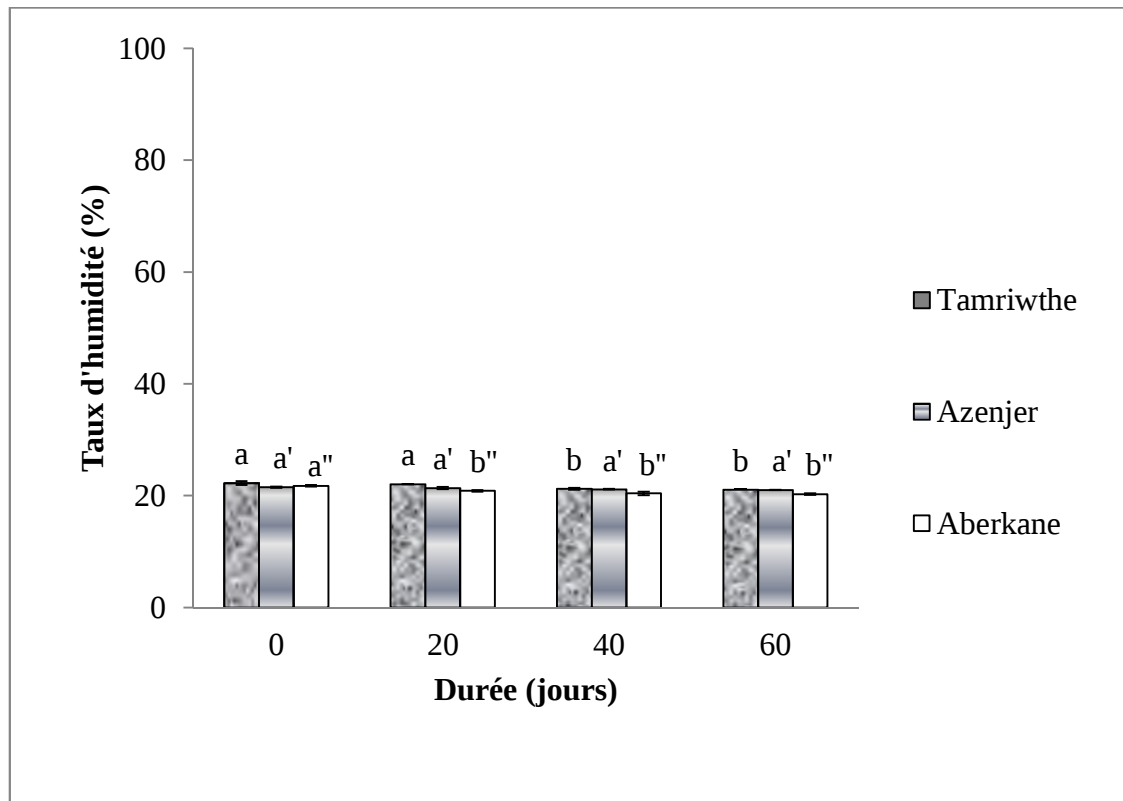


Figure 15: Evolution de taux d'humidité des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

IV-2- pH

La figure 16 montre l'évolution de pH des différentes pâtes au cours du stockage qui sont significativement différentes à $p < 0,05$. Une diminution remarquable de pH après 60 jours de 4,78 à 4,67 pour la pâte Tamriwthe ; de 4,72 à 4,67 pour la pâte Azenjer ; de 4,8 à 4,72 pour la pâte Aberkane. La diminution du pH pourrait être due à la fermentation des glucides contenus dans la pâte conservée.

Dans une étude sur l'effet du stockage de la confiture de figue, Taha *et al.* (2011) ont constaté une diminution du pH de 3,57 à 3,01.

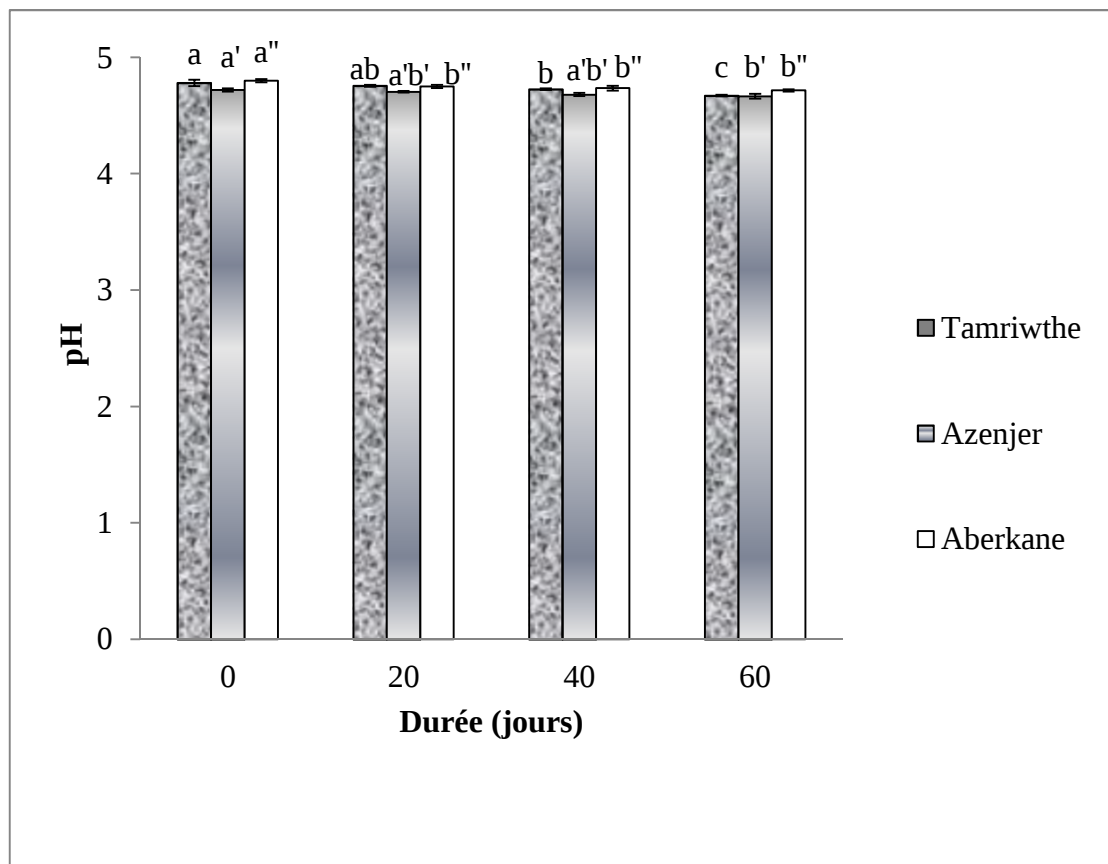


Figure 16 : Evolution de pH des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

IV-3- Teneur en sucres totaux

Dans la présente étude les résultats du dosage des glucides totaux des échantillons de la pâte de figue au cours du stockage sont illustrés dans la figure 17. Les trois pâtes montrent des différences significatives après 60 jours. Les teneurs en sucres totaux diminuent progressivement durant le stockage avec des valeurs de 76,36 à 59,23 g EGlc/100g MS pour la pâte Tamriwthe, de 78,21 à 61,58 g EGlc/100g MS pour la pâte Azenjer et de 79,28 à 64,87 g EGlc/100g MS pour la pâte Aberkane. La diminution des teneurs en sucres totaux des pâtes analysées pourrait être due à la participation des sucres aux réactions de brunissement, et de formation de la molécule d'HMF (Pavlova *et al.*, 2013), ou à l'activité d'éventuels microorganismes présents.

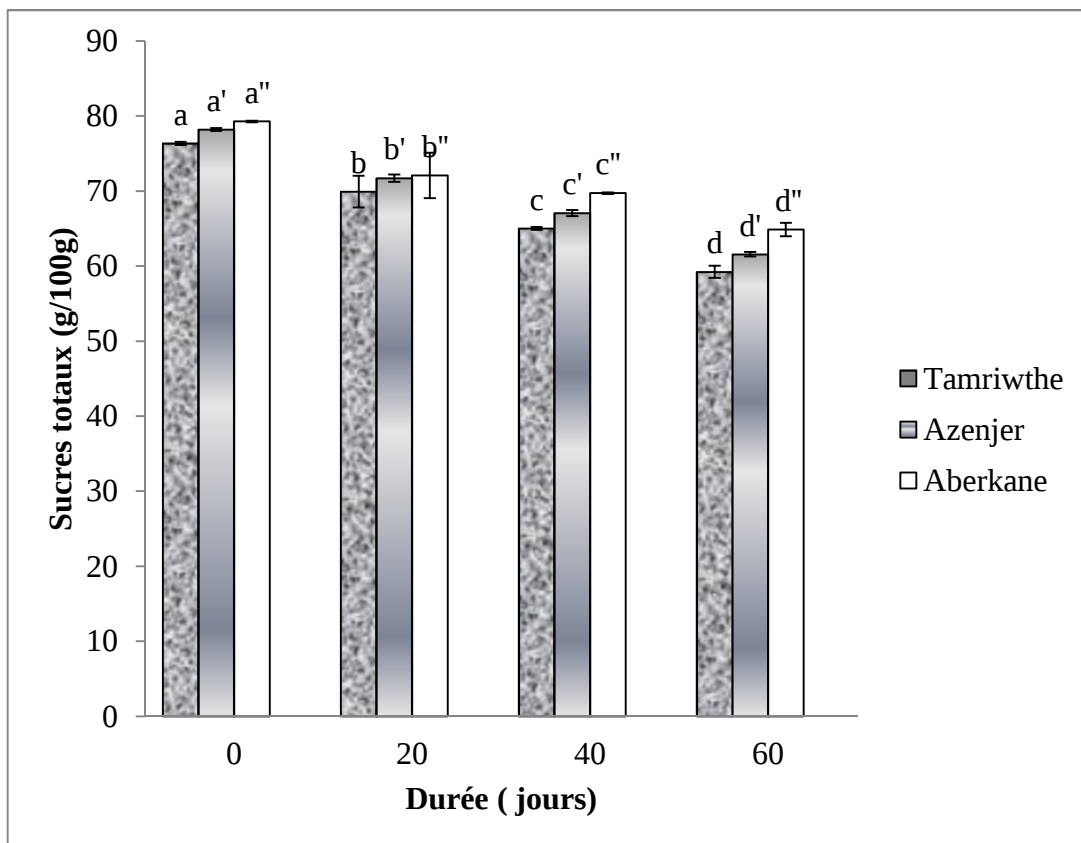


Figure 17 : Evolution des teneurs en sucres totaux des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

IV-4- Acidité titrable

La figure 18 représente l'évolution de l'acidité titrable des pâtes de figes durant le stockage. L'analyse statistique montre des différences significatives à $p < 0,05$ au cours du temps. Au terme de la conservation, l'acidité titrable des trois pâtes Tamriwthe, Azenjer, Aberkane est en augmentation continue de 0,73 à 0,81g/100g ; de 0,80 à 0,89 g/100g ; de 0,72 à 0,84 g/100g respectivement.

L'augmentation de l'acidité durant le stockage peut être expliquée par la formation de l'HMF au cours du temps, conduisant ainsi à la transformation de ce dernier en acides organiques (acides formique et levulinique) (Muhammad *et al.*, 2008). Comme elle peut être due à la production d'acides organiques par les microorganismes au cours de la conservation (Babsky *et al.*, 1986).

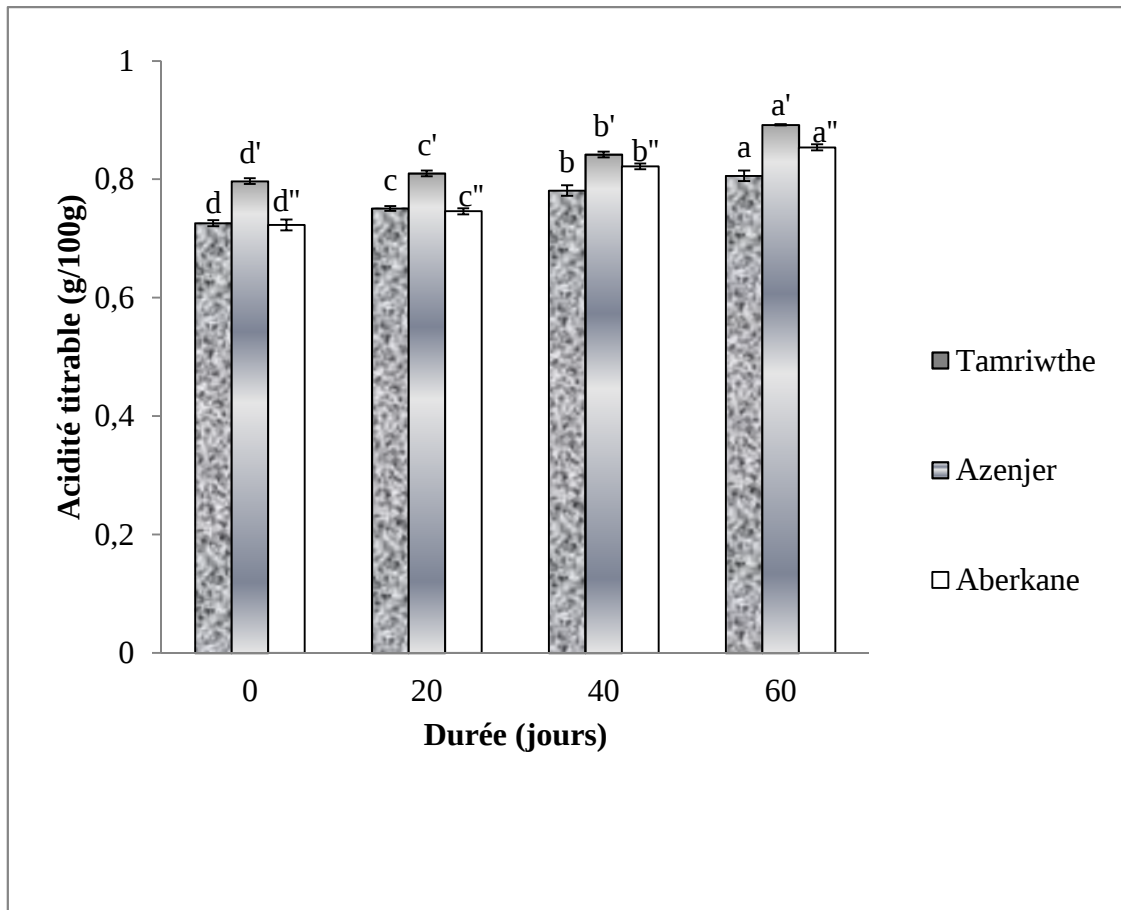


Figure 18 : Evolution de l'acidité titrable des pâtes de figes au cours du stockage

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

IV-5- Teneur en acides aminés libres

Les résultats de l'évolution des teneurs en acides aminés libres des pâtes de figes au cours de la conservation sont représentés dans la figure 19. Après 60 jours de stockage nous constatons des différences significatives entre les trois pâtes et une disparition totale des acides aminés libres au cours du temps. Les pertes en acides aminés libres peuvent être dues à l'implication de ces composés dans le processus du brunissement non enzymatique.

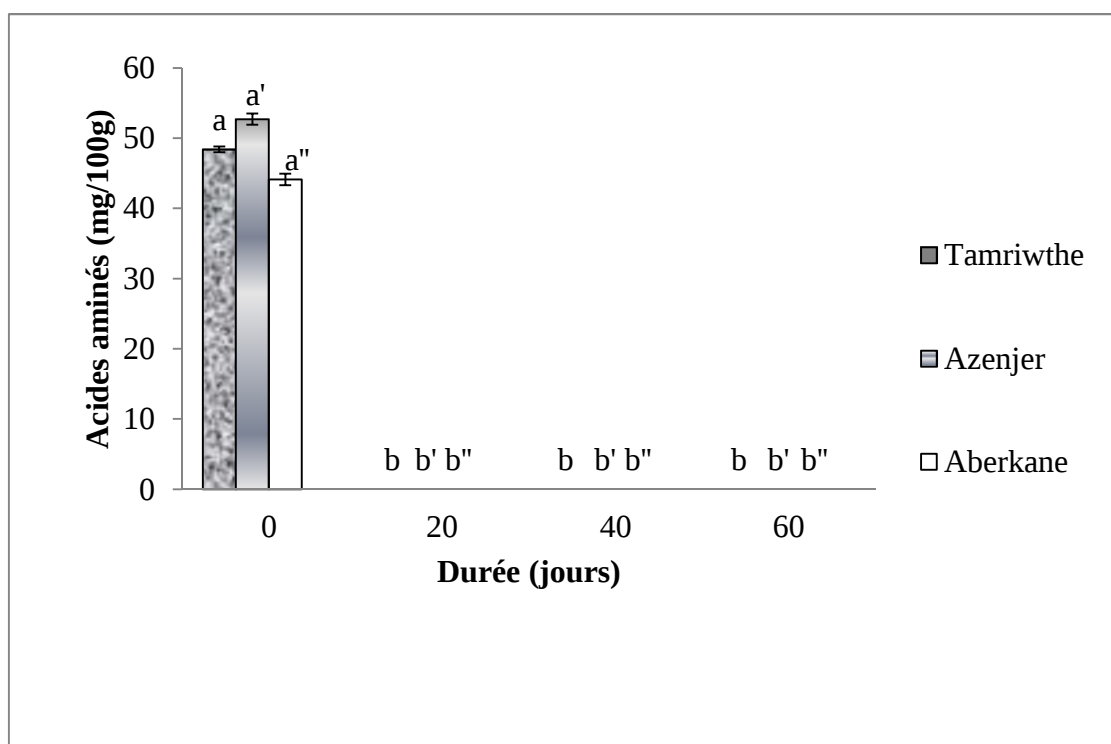


Figure 19 : Evolution des teneurs en acides aminés libres des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

V- Effet de la conservation sur les antioxydants des pâtes de figes

V-1- Composés phénoliques totaux

L'évolution des teneurs en polyphénols totaux au cours de la conservation est illustrée dans la figure 20. Une augmentation significative est observée pour les trois pâtes de figes à $p < 0,05$ où la teneur des polyphénols totaux de la pâte Tamriwthe augmente de 219,60 à 405,75 mg EAG/100g MS; de 275,96 à 437,33 mg EAG/100g pour la pâte Azenjer ; de 272,69 à 458,84 mg EAG/100g MS pour la pâte Aberkane.

Taha *et al.* (2011) ont constaté une diminution des teneurs polyphénols totaux de 122,42 à 13,10 mgEAG/100g dans une étude sur l'effet du stockage de la confiture de figue.

L'évolution de la teneur en composés phénoliques dépend de plusieurs facteurs tels que le mode de préparation, les conditions de stockage et le type d'emballage (Marcia *et al.*, 2007), comme elle pourrait être associée à une dépolymérisation de certaines macromolécules.

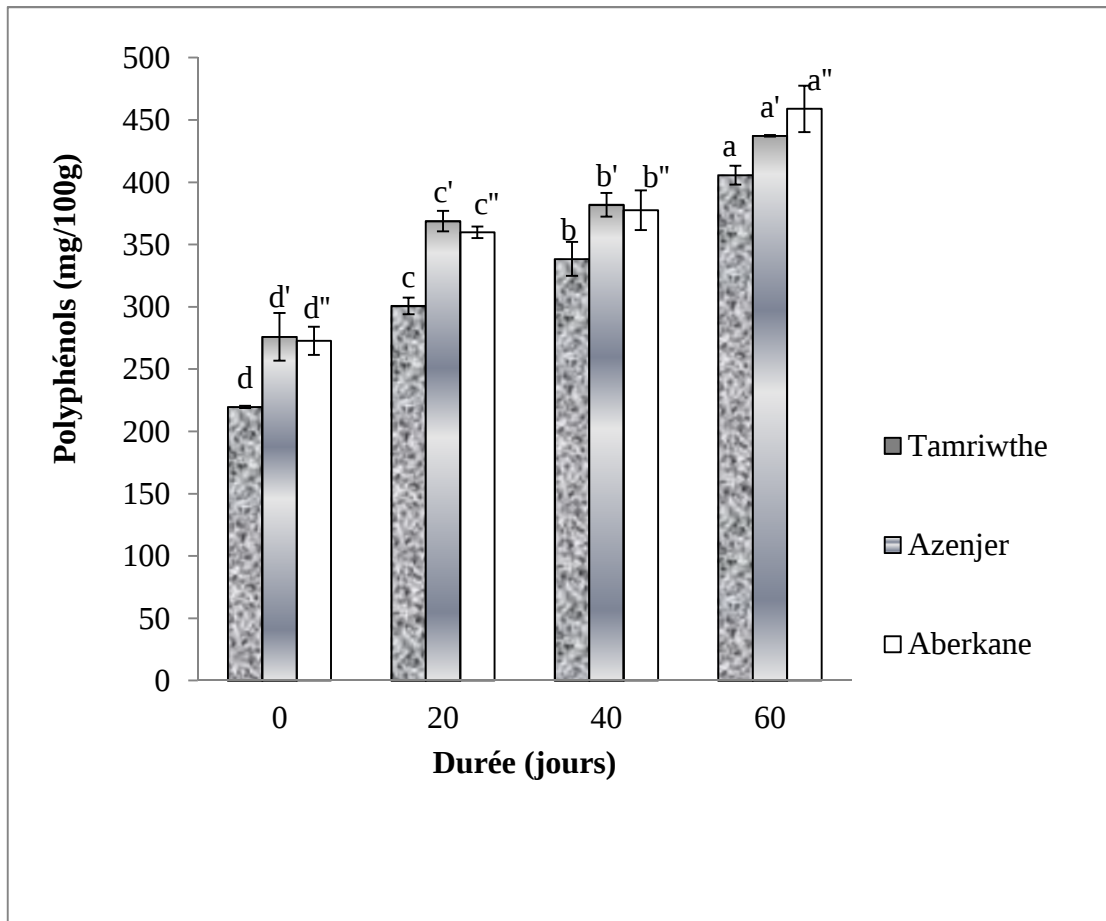


Figure 20 : Evolution des teneurs en polyphénols totaux des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

V-2- Flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes des pâtes analysées et leur évolution au cours du temps sont résumées dans la figure 21. L'analyse statistique montre des différences significatives à $p < 0,05$ au cours du temps. Au terme de la conservation, les teneurs en flavonoïdes des trois pâtes Tamriwthe, Azenjer, Aberkane sont en augmentation continue de 11,99 à 22,27 mg EQ/100g MS ; de 10,60 à 24,93 mg/100g MS ; de 6,79 à 22,38 mg /100g MS respectivement.

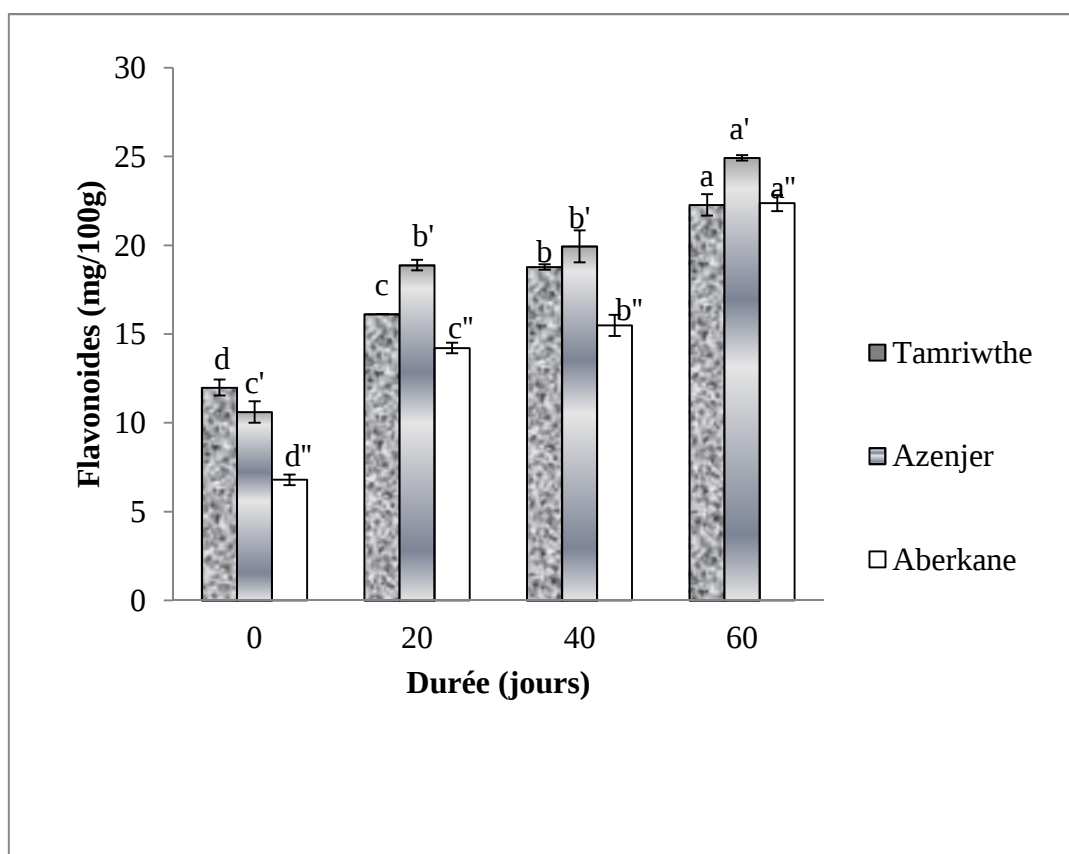


Figure 21 : Evolution des teneurs en flavonoïdes des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

VI- Effet de la conservation sur l'activité antioxydante des pâtes de figes

VI-1- Activité anti-radical DPPH

La figure 22 représente les résultats de l'activité anti-radicalaire des trois pâtes de figes pendant deux mois de conservation qui sont significativement différentes à $p < 0,05$. L'activité anti-radicalaire de la pâte Tamriwthe augmente de 15,80 à 34,19% ; les pâtes Azenjer et Aberkane montrent aussi une élévation de 20,95 à 38,34% et de 26,83 à 50,16% respectivement.

Dans une étude sur l'effet du stockage de la confiture de figue, Taha *et al.* (2011) ont constaté une augmentation de l'activité anti-radicalaire 25,42 à 94,71%. L'augmentation de l'activité anti-radicalaire peut être liée à l'augmentation de la teneur en composés phénoliques observée durant le stockage.

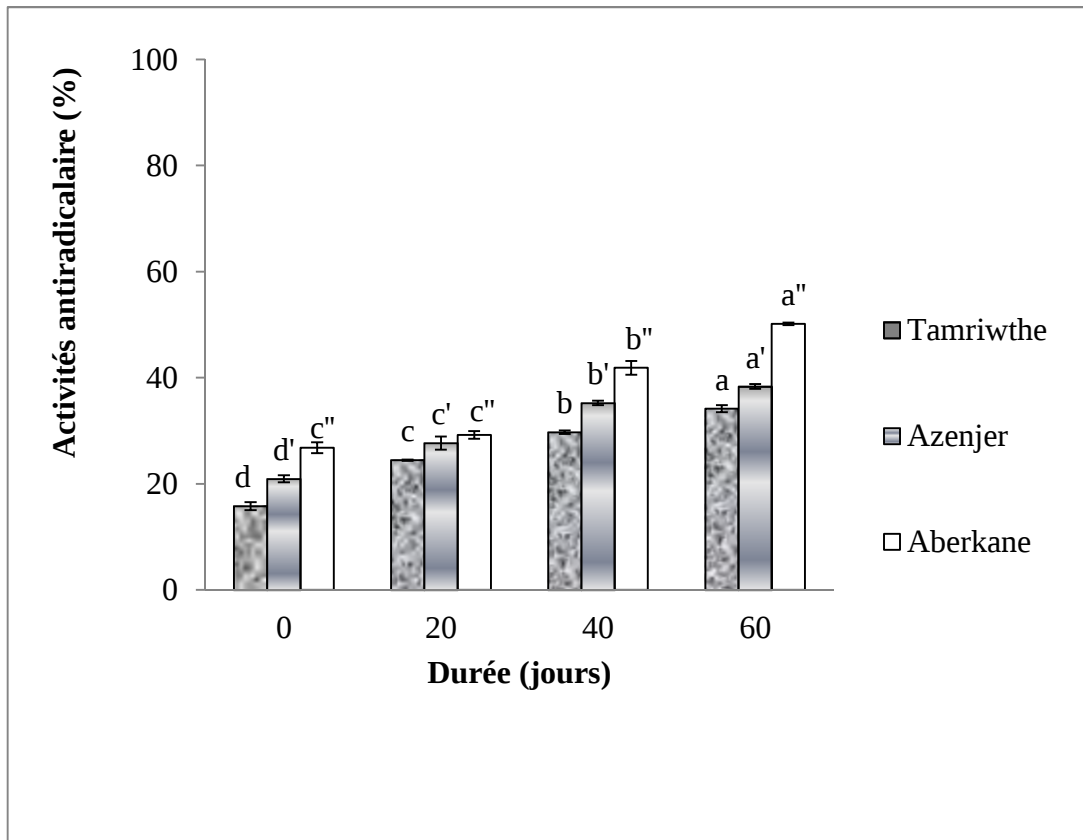


Figure 22 : Evolution de l'activité anti-radical DPPH des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

VI-2- Pouvoir réducteur

La présente étude indique que le pouvoir réducteur des pâtes de figes au cours de stockage est significativement différent à $p < 0,05$ (figure 23). Le pouvoir réducteur de la pâte Tamriwthe diminue de 142,89 à 32,38 mg EAG/100g MS ; la même observation pour la pâte Aberkane qui diminue de 165,04 à 45,76 mg EAG/100g MS et de 164,31 à 52,58 mg EAG/100g MS pour Azenjer.

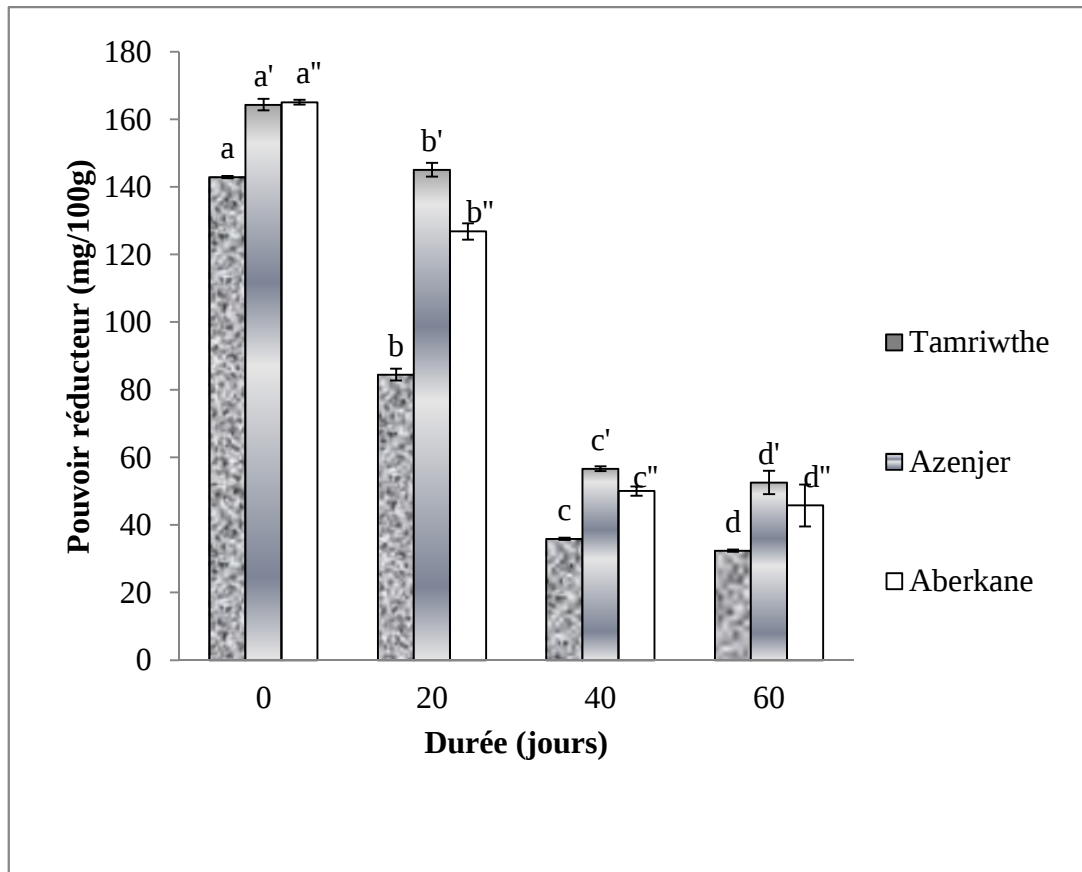


Figure 23 : Evolution de pouvoir réducteur des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

VI-3- Activité chélatrice du fer

L'évolution de l'activité chélatrice au cours de la conservation est illustrée dans la figure 24. L'analyse statistique des résultats révèle des différences significatives entre les pâtes étudiées ($p < 0,05$). La pâte Azenjer montre une diminution remarquable de 61,10 à 20,96% alors que la pâte Tamriwthe avec une réduction de 49,06 à 20,81% et de 47 à 20,27% pour la pâte Aberkane.

La diminution de l'activité chélatrice du fer peut être due à la transformation des flavonoïdes à des formes glycosylées qui sont des inhibiteurs de chélation des ions métalliques.

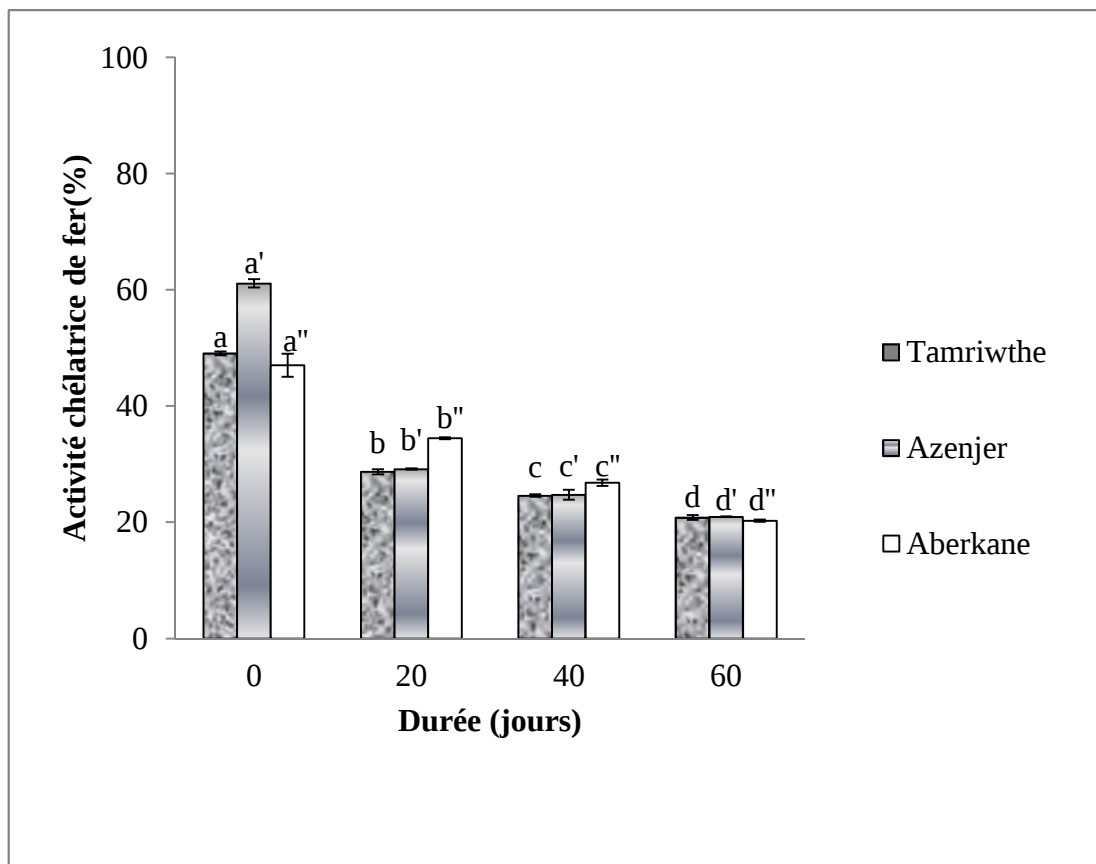


Figure 24 : Evolution de l'activité chélatrice des pâtes de figes au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

VI-4- Teneur en 5-hydroxymethylfurfural

Les résultats obtenus concernant l'HMF varient significativement ($p < 0,05$) entre les trois pâtes étudiées au cours de la conservation (figure 25). Une augmentation significative à $p < 0,05$ de la teneur en HMF est observée pour les trois pâtes où la pâte Tamriwthe montre une teneur allant de 0,11 à 0,4 mg/100g MS, la pâte Azenjer avec une teneur de 0,31 à 0,63 mg/100g MS et la pâte Aberkane qui présente une teneur importante de 0,49 à 0,73 mg/100g MS. L'augmentation de la teneur en HMF au cours du stockage pourrait être due à la réaction de déshydratation des sucres et la dégradation des acides aminés qui se produisent dans le milieu acide (Anese et Suman, 2013 ; Djaoudene et Louaileche, 2016).

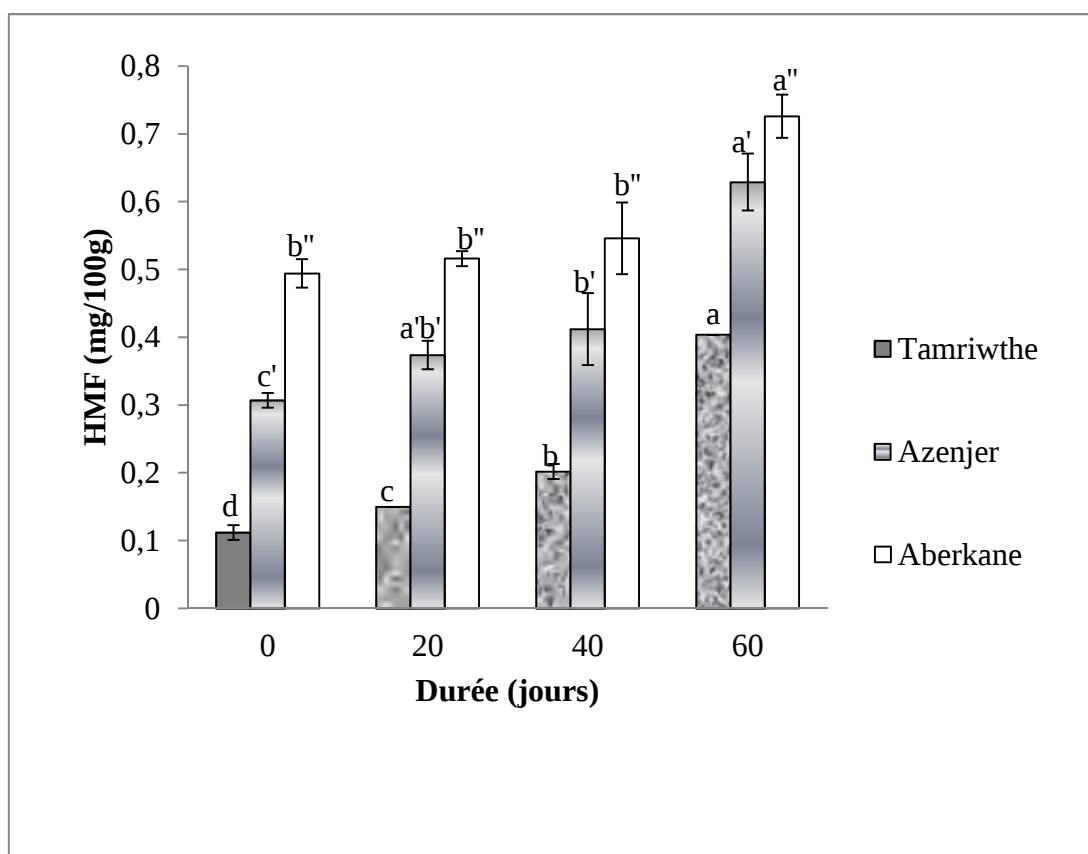


Figure 25 : Evolution de la teneur en 5-hydroxyméthylfurfural des pâtes de figues au cours du stockage.

- Les barres verticales représentent les écarts types.
- Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes : LSD ($p < 0,05$).

Conclusion

Conclusion

Le présent travail avait pour but d'évaluer l'apport nutritionnel de trois pâtes de figues (Tamriwthe, Aberkane et Azenjer), et de suivre leur évolution au cours du stockage à température ambiante durant 60 jours, par la caractérisation des paramètres physico-chimiques (pH, acidité, teneurs en glucides et acides aminés libres), et le dosage des principaux antioxydants (polyphénols totaux et flavonoïdes), ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante (activité antiradicalaire et pouvoir réducteur).

Il ressort de l'analyse des résultats obtenus que la durée de conservation affecte significativement les paramètres physico-chimiques des pâtes analysées. Durant les deux mois de stockage une légère diminution du pH, du taux d'humidité et une augmentation significative de l'acidité sont enregistrées. Cependant, les teneurs en glucides diminuent significativement tout au long de la période de conservation conduisant à l'accumulation d'hydroxyméthylfurfural (HMF), alors que les acides aminés libres disparaissent totalement juste après 20 jours de conservation.

Étant donné la richesse des trois variétés de figues en substances antioxydantes. L'analyse statistique a permis de constater une augmentation significative des composés phénoliques et des flavonoïdes au cours du temps.

La durée de conservation influence aussi l'activité antioxydante de la figue. L'activité anti-radicalaire augmente significativement alors qu'une diminution de l'activité chélatrice et du pouvoir réducteur est observée.

L'ensemble des travaux réalisés nous ont permis de dégager les perspectives suivantes :

- Etudier l'effet de la lumière et le type d'emballage sur les substances bioactives et les propriétés biologiques.
- Elargir l'étude sur les caractéristiques physico-chimiques et d'évaluer la qualité microbiologique.
- Etudier d'autres variétés de figues cultivées en Algérie et analyser l'effet de l'origine géographique sur la composition en antioxydants et sur l'activité antioxydante.
- De suivre le changement de la couleur et l'odeur au cours du stockage.
- Il serait intéressant d'effectuer des analyses sensorielles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

- Ait chebbib B. 2012. L'agriculture, Quelle économie pour la Kabylie ? 3^{ème} partie. [En ligne] tamurth, Consulté le 02 mai 2016.
- Al Askari G., Kahouadji A., Khedid K., Charof R. et Mennane Z. 2012. Caractérisations Physico-Chimique et Microbiologique de la Figue Sèche Prélevée des Marchés de Rabat-Salé, Temara et Casablanca. Les Technologies de Laboratoire, 7: 12–19.
- Anese M. et Suman M. 2013. Mitigation strategies of furan and 5 hydroxymethylfurfural in food. Food Research International, 51: 257–264.
- Anonyme, 2005. Alger, Algérie : documents Algériens, Série économique : agriculture le figuier et l'exportation des figues en Algérie. n°67 ; 10 mars 1950. [En ligne] <http://algerroi.fr/Alger/documents-algeriens/economique/pages/68> figuier.htm, consulté en Avril 2016.

-B-

- Babsky N. E., Toribio J. L. et Lozano J. E. 1986. Influence of Storage on the Composition of Clarified Apple Juice Concentrate. Journal of Food Science. 51:564–567.
- Bachir bey M. 2015. Etude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques, les propriétés antioxydantes et les profils phénolique de variétés de figues (*Ficus carica* L.). Thèse de Doctorat en Biochimie. Université Abderrahmane Mira Bejaia, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie, 148 p.
- Bachir bey M. et Louaileche H. 2015. A comparative study of phytochemical profile and in vitro antioxidant activities of dark and light dried fig (*Ficus carica* L.) varieties. The Journal of Phytopharmacology, 4:41–48.
- Bachir bey M., Louaileche H. et Zemouri S. 2013. Optimization of Phenolic Compound Recovery and Antioxidant Activity of Light and Dark Dried Fig (*Ficus carica* L.) Varieties. Food Science and Biotechnology, 22:1613–1619.
- Bakshi D.N.G., Sensarma P. et Pal D.C. 1999. A lexicon of medicinal plants in India. Naya Prakash, Calcutta. pp. 424–425.

Références bibliographiques

- Bimbenet J.J., Bonazzi C. et Dumoulin E. 2002. L'eau en séchage, stockage et réhydratation. Dans l'eau dans les aliments par LE MESTEM ; LORIENT D. et SIMATOS D : Edition Tec & Doc. Paris. pp. 525–546.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E. et Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology, 28: 25–30.
- Brien J. et Hardy S. 2002. Fig growing in NSW. NSW Agriculture, 1^{ère} édition, N°H3.1.19 Agdex 219. Edited by Ann Munroe. pp. 1–8.
- Buedo A. P., Elustondo M. P. et Urbicain M. J. 2001. Amino acid loss in peach juice concentrate during storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1: 281–288.

-C-

- Cantin C.M., Palou L., Bremer V., Michailides T.J. et Crisosto C.H. 2011. Evaluation of the use of sulfur dioxide to reduce postharvest losses on dark and green figs. Postharvest Biology and Technology, 59: 150–158.
- CIQUAL et CNEVA (Centre Informatique sur la Qualité des Aliments et Centre National d'Études Vétérinaires et Alimentaires), 1993. Répertoire générale des aliments (REGAL) : Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique (Tome 3) : Edition Tech & Doc. Lavoisier. pp. 31–34.
- Crisosto C.H., Bremer V., Ferguson L. et Crisosto G.M. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh figs (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. Hort Science, 45: 707–710.

-D-

- Decker E.A. et Welch B. 1990. Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. Journal of Agricultural Food Chemistry, 56: 674–677.
- Delgado-Andrade C., Rufian-Henares J.A. et Morales F.J. 2007. Lysine availability is diminished in commercial fiber-enriched breakfast cereals. Food Chemistry, 100: 725–731.
- Djaoudene O. et Louaileche H. 2016. Effect of storage time and temperature on the nutritional quality of commercial orange jam. Sdrp Journal of Food Science & Technology.
- Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. et Vidal N. 2006. Antioxidants activities of some Algerian medicinal plants extract containing phenolic compounds. Food Chemistry, 97: 654–660.

Références bibliographiques

- Doymaz I. 2005. Sun drying of figs: an experimental study. *Journal of Food Engineering*, 71: 403–407.
- DSA. 2014. Données statistiques du secteur figuicole de la wilaya de Bejaia. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Bejaia.

-E-

- El Khaloui M. 2010. Valorisation de la figue au Maroc. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du programme National de Transfert de Technologie en Agriculture*. N° 186.

-F-

- FAO. 2007. *Annuaire de la Production*. Ed: FAO, Rome.
- FAO. 2012. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Site web: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/F>. Consulté le 11 mars 2016.
- Favier J.C., Ireland-Ripert J., Laussucq C. et Feinberg, M. 1993. *Répertoire général des aliments: Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique (Tome 3)*. Condé-sur-Noireau: Editions ORSTOM, Tech & Doc, INRA. Paris, France. pp. 31–34

-G-

- Gilani A.H., Mehmood M.H., Janbaz K.H., Khan A.U. et Saeed S.A. 2008. Etnopharmacological studies on antispasmodic and antiplatelet activities of *Ficus carica*. *Journal of Etnopharmacology*, 119: 1–5.
- Golubev V.N., Pilipenko L.N. et Kakhniashvili T.A. 1987. Fractionation and composition of the carbohydrates of *Ficus carica*. Plenum Publishing Corporation, 631–634.
- Guvenc M., Tuzcu M. et Yilmaz O. 2009. Analysis of fatty acid and some lipophilic vitamins found in the fruits of the *Ficus carica* variety picked from the Adiyaman District. *Research Journal of Biological Sciences*, 4:320–323.

-H-

- Haesslein D. et Oreiller S. 2008. Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. *Filière Nutrition et diététique*. Haute Ecole de Santé Genève. 1–4.
- Husoy T., Haugen M., Murkovic M., Jöbstl D., Stolen L.H., Bjellaas T., Ronningborg C., Glatt H. et Alexander J. 2008. Dietary exposure to 5-hydroxymethylfurfural from Norwegian food and correlations with urine metabolites of short-term exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 3697–3702.

Références bibliographiques

-I-

- ISO 750. 1998. Determination of titratable acidity: fruit and vegetable products (2nd Edition). International Standard Organisation, Genève, Suisse. pp.1–4.

-J-

- Janzowski C., Glaab V., Samimi E., Schlatter J. et Eisenbrand G. 2000. 5-Hydroxymethylfurfural: Assessment of Mutagenicity, DNA-Damaging Potential and Reactivity towards Cellular Glutathione. Food and Chemical Toxicology, 38: 801–809.
- Jeddi L. 2009. Valorisation des figues de Taounate : potentiel, mode et stratégie proposée. pp 6-29.

-K-

- Kays S.J. 1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. Van Nostrand Reinhold, New York.

-L-

- Le K., Chiu F. et Ng K. 2007. Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. Food Chemistry, 105: 353–363.
- Leroy J.F. 1968. Les fruits tropicaux et subtropicaux. Institut français de la recherche fruitière outre mer. 1ère Edition. Presse Universitaire de France. pp. 7-50.
- Lim T.K. 2012. *Ficus carica*. In: “Edible medicinal and non-medicinal plants: Volume 3, Fruits”. Springer Science & Business Media. New York, USA. pp. 362–376.

-M-

- Manthey F. A. et Xu Y. 2010. Glycobiology of Foods: Food Carbohydrates- Occurrence, Production, Food Uses, and Healthful Properties In: «Advances in food biochemistry»: Edition Taylor & Francis Group. London. pp. 24–45.
- Marcia D. S. P., Lojolo M. et Genovese M.I. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacity of strawberry jams, 127–131.
- Marfak A. 2003. Radiolyse gamma des flavonoïdes. Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation de pesticides. Thèse de doctorat. université de Limoges, Faculté de pharmacie, France, 199 p.
- Meziant L. 2014. Etude de l’effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques et l’activité antioxydante de neuf variétés de figues (*Ficus carica* L.).

Références bibliographiques

Mémoire de Magister en Biologie. Université Abderrahmane Mira Bejaia, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie, 114 p.

- Muhammad A., Durrani Y., Zeb A., Ayub M. et Ullah J. 2008. Development of diet jam from apple grown in swat (NWFP). *Sarhad Journal of Agricultural*, 24: 461–467.

-N-

- Nassberger L. 1990. Influence of 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) on the overall metabolism of human blood cells. *Human and Experimental Toxicology*, 9: 211–214.

-O-

- Odriozola-Serrano I., Soliva-Fortuny R., Hernández-Jover T. et Martín-Belloso O. 2009. Carotenoid and phenolic profile of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments. *Food Chemistry*, 112: 258–266.
- 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*, 11: 118–131.
- Okos M. R. G., Narasimhan R. K. Singh et A. C. WITNAUER. 1992. Food dehydration. In D. R. Heldman and D. B. Lund (Eds.), *Handbook of Food Engineering*. New York: Marcel Dekker.
- Omokolo N.D., Nankeua D.J., Niemenaka N. et Djocgoue P.F. 2002. Analysis of amino acids and carbohydrates in the cortex of nine clones of *Theobroma cacao* L. in relation to their susceptibility to *Phytophthora megakarya* Bra. and Grif. *Crop Protection*, 2: 395–402.
- Oukabli A. 2003. Le Figuier : Un patrimoine génétique diversifié à exploiter. INRA, *Transfert de Technologie en Agriculture*, 106: 1–4.
- Owino W.O., Nakano R., Kubo Y., Inaba A. 2004. Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 32: 67–77.

-P-

- Pavlova V., Karakashova L., Stamatovska V., Delchev N., Necinova L. *et al.* 2013. Storage impact on the quality of raspberry and peach jams. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 664: 25-27.

Références bibliographiques

- Piga A., Pinna I., Ozer K.B., Mario Agabbio M. et Aksoy U. 2004. Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss. International Journal of Food Science and Technology, 39: 793–799.
- Pokorny J., Yanishlieva N. et Gordon M. 2001. Antioxidants in food Practical applications. First published Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 380 p.

-R-

- Rada-Mendoza M., Sanz M.L., Olano A. et Villamiel M. 2004. Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams and fruit-based infant foods. Food Chemistry, 85:605–609.
- Rufian-Henares J. A., Andrade C. D., F-C. J. et Morales F-C. J. 2009. Nonenzymatic browning: The case of the Maillard reaction in: «Assessing the generation and bioactivity of neo formed Compounds in thermally Treated foods»: Edition Atrio, S.L.Canada. pp .9–20.

-S-

- Samotus B., Dorre E., Scigalki A., Swiderski A. et Stefaniuk M. 1995. Determination of sugars by 3,4 dimethylphenol reagent. Microchemical Journal, 52:113–117.
- Seifter S., Dayton S., Novic B. et Muntwyler E. 1950. The estimation of glycogen with the anthrone reagent. Archives of Biochemistry and Biophysics, 25: 191–200.
- Shimada K., Fujikawa K., Yahara K. et Nakamura T. 1992. Antioxidative properties of xanthum on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 945–948.
- Simsek M. et Yildirim H. 2010. Fruit characteristics of the selected fig genotypes. African Journal of Biotechnology, 9: 6056–6060.
- Singleton V.L., Orthofer R. et Lamuela-Ranventos R.M. 1999. Analysis of total phenols other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299: 152–178.
- Slatnar A., Klancar U., Stampar F. et Veberic R. 2011. Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. Journal of Agricultural Food Chemistry, 59: 11696–11702.
- Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H.E., Altman A., Kerem Z. et Flaishman M.A. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 7717–7723.

Références bibliographiques

- Starr F., Starr K. et Loope L. 2003. *Ficus carica* Edible fig Moraceae. Haleakala Field Station, Maui, Hawaii. pp 1–6.

-T-

- Taha M., Rababah., Majdi A., Al-Mahasneh., Isra Kilani., Wade Yang., Mohammad N., Alhamad., Khalil Ereifej. et Muhammad Al-u'datt. 2011. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 1096–1102.

-U-

- Ulbricht R.J., Northup S.J. et Thomas J.A. 1984. A review of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in parenteral solutions. *Fundamental and Applied Toxicology*, 4: 843-853.
- UNECE. 2004. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) - Standard, DDP-14, concerning the marketing and commercial quality control of Dried Figs. United Nations Edition. New York and Geneva. pp. 1–11.

-V-

- Vidaud J. 1997. Le figuier monographique .centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Edition Système universitaire de documentation, Paris, 263 p.
- Vinson J.A. 1999. The functional food properties of figs. *Cereal Foods World*, 44: 82–87
- Vinson J.A., Zubik L., Bose P., Samman N. et Proch J. 2005. Dried fruits: excellent *in vitro* and *in vivo* antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 24: 44–50.

-W-

- Wang J., Wang X., Jiang S., Lin P., Zhang J., Lu Y., Wang Q., Xiong Z., Wu Y., Ren J. et Yang H. 2008. Cytotoxicity of fig fruit latex against human cancer cells. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 1025–1033.
- Weibes J. 1979. Co-evolution of figs and their insect pollinators. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10:1–12.
- White J.W. 1979. Sugars and sugar products: Spectrophotometric Method for Hydroxymethylfurfural in honey. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 62: 509–514.

Références bibliographiques

- Wojdyło A., Figiel A. et Oszmiański J. 2007. Influence of temperature and time of apple drying on phenolic compounds content and their antioxidant activity. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 57:601–605.

-γ-

- Yemm E.W. et Cocking E.C. 1955. The determination of amino acids with ninhydrine. Analyst, 80: 209–213.
- Yildirim A., Oktay M. et Bilaloglu V. 2001. The antioxidant activity of the leaves of *Cydonia vulgaris*. Turkish Journal of Medical Sciences, 31: 23–27.

Annexes

Annexes

Annexe 01 :

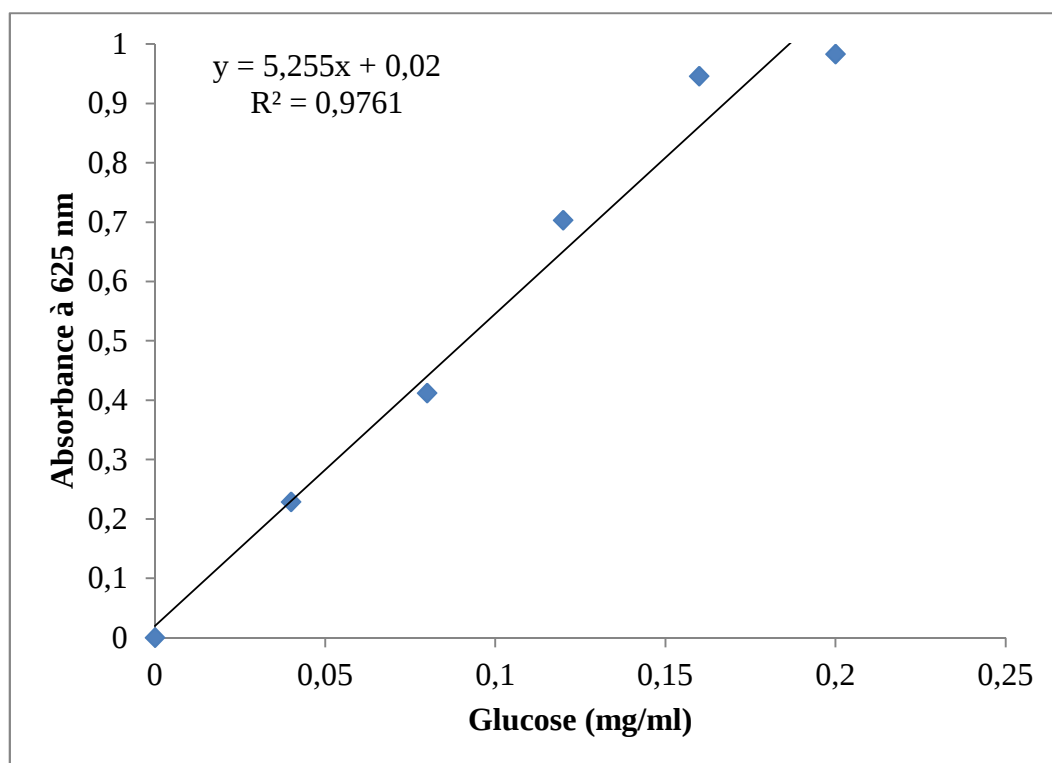


Figure 01 : Courbe d'étalonnage des glucides

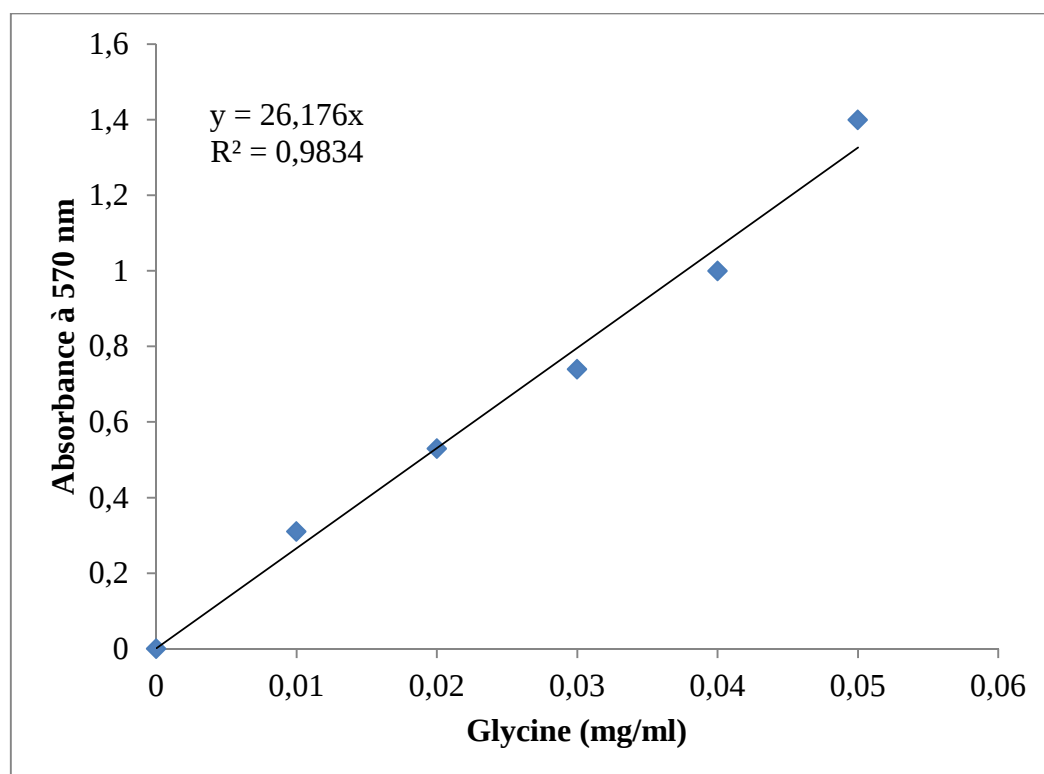


Figure 02 : Courbe d'étalonnage des acides aminés

Annexes

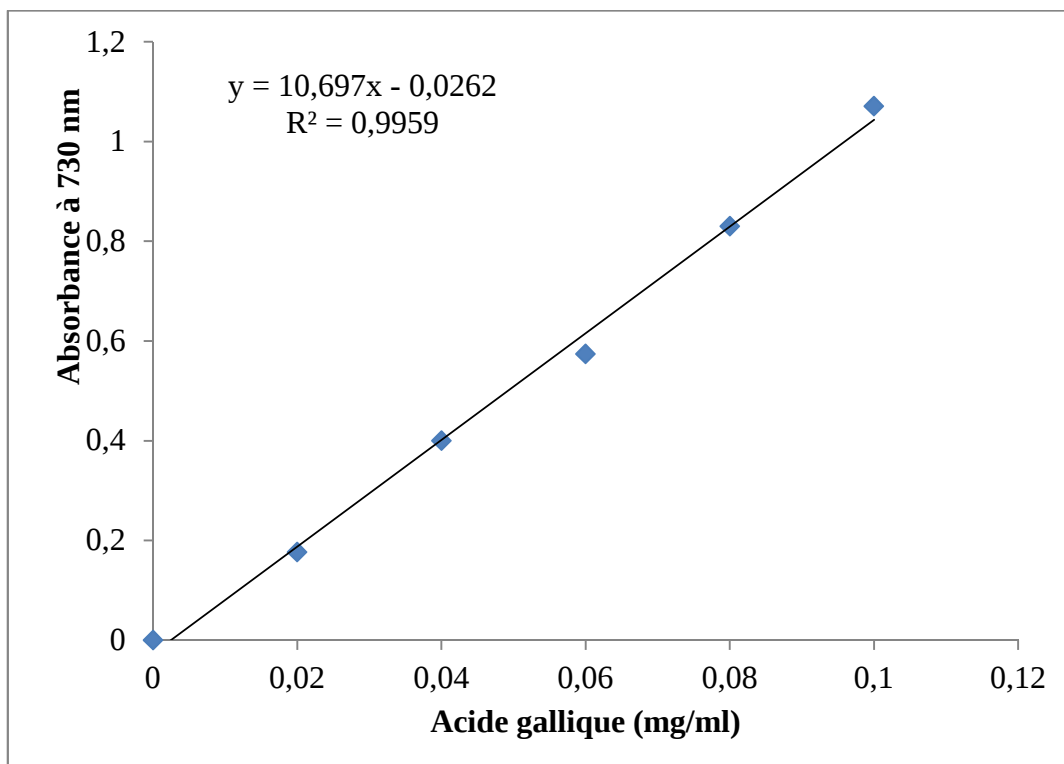


Figure 03: Courbe d'étalonnage des composés phénoliques

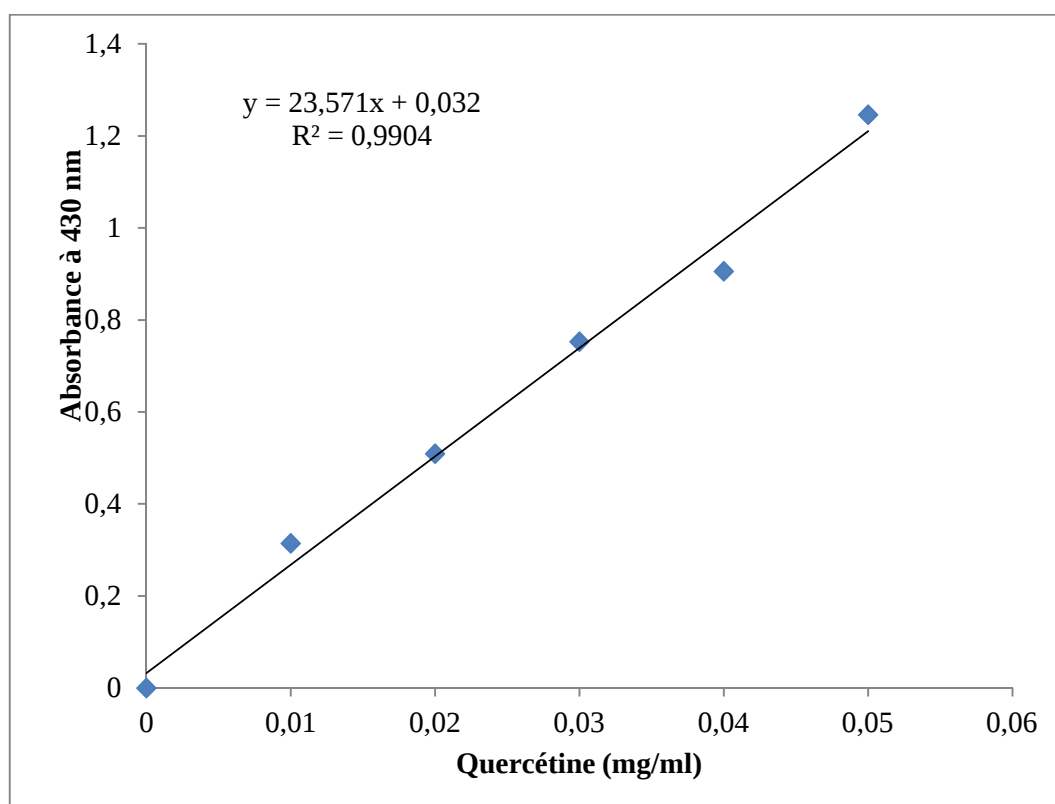


Figure 04 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

Annexes

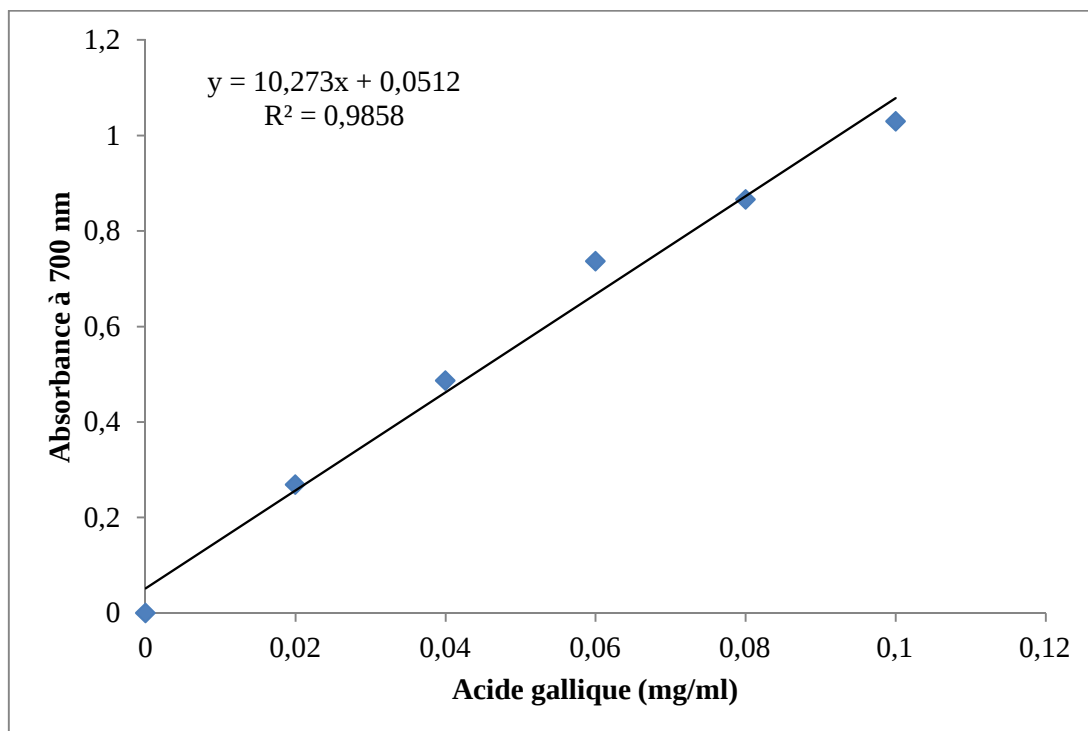


Figure 05 : Courbe d'étalonnage de pouvoir réducteur

Annexe 02 : Appareillages et réactifs utilisés

- Spectrophotomètre VIS-7220G (chypre)
- Centrifugeuse NF200 (Turquie)
- Plaque agitatrice VELP Scientifica (Italie)
- Bain marie TRAD Raypa
- Vortex VELP Scientifica (Italie)
- Balance AS220/C/2
- Distillateur GFL (Allemagne)
- pH mètre pH211-HANNA instruments (Roumanie)
- Dessiccateur infrarouge MAC50/NP
- Micropipette : -Accumax (1000µl)
 - Finnpipette Step Adjustable (50µl)
- Carbonate de sodium PROLABO chemopharm (Montréal, Québec)

Annexes

- Trichlorure d'aluminium PROLABO chemopharm (Georgia-USA)
- 2,2'-diphényl-1-picryl hydrazyl (DPPH)
- Acide Trichloracétique (TCA) BIOCHEM chemopharm (Montréal, Québec)
- Ferricyanure de potassium
- Ferrozine (Allemagne)
- Chlorure ferrique PROLABO chemopharm (C.E)
- Réactif de Folin-Ciocalteu
- Tampon phosphate ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4$, Na_2HPO_4) Fluka (Allemagne)
- Acide gallique (Allemagne)
- Quercétine (Indonésie)
- Anthrone BIOCHEM (France)
- Hydroxyde de sodium BIOCHEM (Montreal, Quebec)
- Ferrocyanure de potassium PROLABO
- Méthanol
- Acétone

Résumé

La présente étude a pour but d'évaluer l'effet de la durée de conservation sur les caractéristiques physico-chimiques, les principaux antioxydants et l'activité antioxydante des pâtes de trois variétés de figes Tamriwthe, Azenjer et Aberkane. Les diminutions des paramètres analysés pour les échantillons étaient: 78 à 62 g EG/100g pour les teneurs en sucres totaux ; 157 à 44 mg EAG/100g pour le pouvoir réducteur ; 53 à 20,68 % pour l'activité chélatrice du Fer ; une disparition totale des acides aminés libres après 20 jours de conservation. Une augmentation progressive et significative ($p < 0,05$) des teneurs en polyphénols totaux de 256 à 434g EAG/100g ; des teneurs en flavonoïdes de 10 à 23 mg EQ/100g ; l'activité anti-radicalaire de 21 à 41% ; des teneurs en 5-hydroxymethylfurfural de 0,30 à 0,59 mg/100g est observée après 60 jours de conservation. Tous ces résultats confirment que la durée de stockage affectent significativement les teneurs en substances bioactives et l'activité antioxydante des pâtes de figes.

Mots clés : pâte de fige, caractéristiques physico-chimiques, substances bioactives, activité antioxydante, conservation.

Abstract

The aim of this work is to evaluate the effect of the conservation time on the physicochemical and the main antioxidants and the antioxidant activity of the paste of three fig varieties Tamriwthe, Azenjer and Aberkane. The decrease of the parameters studied for the samples were: 78 to 62 g EG/100g for total sugars; 157 to 44 mg EAG/100g for the reducing power, 53 to 20,68 % For chelating activity. A total disappearance of the free amino acids after 20 days of conservation. A significant increase ($p < 0,05$) of the total phenolic amount 256 to 434g EAG/100g ; flavonoid contents about 10 to 23 mg EQ/100g ; a total antiradical activity of 21 to 41% ; an amount of 0,30 to 0,59 mg/100g for the 5-hydroxymethylfurfural was observed after 60 days of conservation. All these results confirm that the duration of the storage affect significantly the amount of the bioactive substances and the antioxidant activity of the fig pastes.

Keywords: paste of fig, physico-chemical characteristics, bioactive substances, antioxidant activity, storage.