

Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Essais de prolongation de la fraîcheur de la
figue (*Ficus carica*) - variété « Tahayount » - et
suivi de paramètres de maturation**

Présenté par :

RAHMANI Lyes & REZAK El-hafid

Soutenu le : **23 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

M. MOUSSI K

M. KATI D.E

Mme. OUCHEMOUKH N

MCB

MCA

MCA

Président

Encadreur

Examinatrice

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances à :

- Mr KATI D.E notre encadreur de mémoire de fin d'étude, pour ses précieux conseils et son orientation ficelée tout au long de notre recherche.
- Mlle : ZIDI K son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.
- Aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.
- Association des figuiculteurs de la Wilaya de Béjaia pour leur accueil et générosité.
- Tous les professeurs et enseignants qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.
- Nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.
- Toute personne qui a participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études. Que dieu leur procure une bonne santé et une longue vie.

A mes chers frères : Hocine, Mourad, Lamine et Ahcene, pour leur appui et leur encouragement.

A mes chères sœurs : Ghania, Djamila, Zineb, Karima et Taous, pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A ma chère amie Souhila pour sa gentillesse dont elle m'a toujours entouré, son aide et sa patience avec moi et je la souhaite tout le bonheur et la réussite.

A tous mes amis mes amies que j'ai vécu avec elles des beaux moments au cours de mon cursus à l'université, pour leurs sacrifices et leurs conseils et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible et réalisé.

LYES



Dédicaces ♥

Je dédie ce mémoire à :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes chères sœurs : Souad, Kahina et Lila pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

Mes chers frères, Toufik, Fatah et Rafik pour leur appui et leur encouragement,

Aux petits anges : Nadaline, Axel, Milina et Dani.

Toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Mes chers amis merci d'être toujours là pour moi.

Mange des figues, mon amour

Mange des figues, nuit et jour

Ça donne bonne mine C'est plein de vitamines

C'est bon pour la santé.

Hafid

Liste des abréviations

ANSES : Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail.

DCIP : 2,6-dichloro-indophénol.

DPPH : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl.

DSA : Direction des Services Agricoles.

EAG : Equivalent Acide Gallique.

EG : Equivalent Glucose.

FAO: Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'Agriculture.

MF : Matière Fraiche.

NF : Normes Françaises .

PET : Polyéthylène téréphtalate.

ppm : Part Per Million.

tpm : tours par minute.

Liste des figures

N°	Titre de la figure	Page
1	Coupe transversale d'une figue.	4
2	Maturation typique des fruits climactériques et non climactériques.	8
3	Photographie d'une variété Tahayount – Localité (Benimaouche).	13
4	Photographie des boîtes à Petites perforations.	14
5	Photographie des boîtes à Grosse perforations.	14
6	Photographie des boîtes à petites perforations contiennent de KMnO ₄ .	14
7	pH mètre (BANTE instruments 920).	15
8	Mesure de l'acidité titrable.	16
9	Evolution du pH des figes durant la conservation.	19
10	Evolution de l'acidité titrable des figes durant la conservation.	20
11	Evolution des teneurs de l'acide ascorbique des figes durant la conservation.	21
12	Evolution des teneurs en caroténoïdes des figes durant la conservation.	22
13	Evolution des teneurs en composés phénoliques totaux des figes durant la conservation.	23
14	Evolution de l'activité anti-radicalaire DPPH des figes durant la conservation.	24
15	Evolution des teneurs en sucres totaux des figes durant la conservation.	25
16	Aspect visuel des figes durant la conservation.	27

Liste des tableaux

N°	Titre du Tableau	Page
I	Taxonomie du figuier.	3
II	Composition de la figue fraîche en éléments nutritionnels.	5
III	Production mondiale de la figue en tonnes.	6
IV	Production de quelques communes de la wilaya de Béjaia.	7
V	Facteurs choisis par les consommateurs comme influençant l'achat de leurs produits.	10
VI	Techniques de conservation des fruits frais.	11
VII	Différents emballages sous atmosphère modifiée.	12

Liste des Annexes

Annexe	Titre
1	Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique
2	Courbe d'étalonnage des caroténoïdes
3	Courbe d'étalonnage des composés phénoliques
4	Courbe d'étalonnage de l'activité anti-radicalaire (DPPH)
5	Courbe d'étalonnage des sucres totaux

Table de matières

Remerciement.

Dédicaces.

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux et annexes.

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : généralités sur la figue.....3

I. Historique.....3

II. Taxonomie.....3

III. Description de la figue.....3

IV. Valeur nutritionnelle.....4

V. Applications thérapeutiques.....5

VI. Production mondiale et nationale.....6

VI.1. Mondiale.....6

VI.2. Nationale.....6

Chapitre II : Maturation et composition de la figue.....8

I. Maturation des fruits.....8

I.1. Maturation des fruits non climactérique.....8

I.2. Maturation des fruits climactérique.....8

II. Maturation de la figue.....9

III. Evolution de la composition du fruit durant la maturation.....9

Chapitre III : Traitements post-récolte de conservation.....10

I. Qualité des fruits.....10

II. Préservation de la qualité des fruits.....10

III. Techniques de conservation des fruits frais.....11

IV. Emballages à atmosphère modifiée.....12

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes.....	13
I. Echantillonnage et traitement des échantillons.....	13
II. Analyses physico-chimiques.....	13
II.1. Paramètres physique.....	15
II.1.1. Test d'humidité.....	15
II.1.2. Mesure du pH.....	15
II.1.3. Acidité titrable.....	16
II.2. Analyses Chimiques.....	17
II.2.1. Extraction et dosage d'acide ascorbique.....	17
II.2.2. Extraction et dosage des Caroténoïdes.....	17
II.2.3. Extraction et dosage des composés phénoliques.....	17
II.2.4. Mesure de l'activité anti-radicalaire (DPPH)	18
II.2.5. Extraction et dosage des sucres totaux.....	18
Chapitre II : Résultats et discussion.....	19
I. L'humidité.....	19
II. pH.....	19
III. Acidité.....	20
IV. Acide ascorbique.....	21
V. Caroténoïdes.....	22
VI. Composés phénoliques totaux.....	23
VII. Activité antioxydante.....	24
VIII. Sucres totaux.....	25
IX. Aspect visuel des fruits.....	26
Conclusion.....	28
Références bibliographiques.	
Annexes.	
Résumé.	

Introduction

La figue (*Ficus carica*) présente une excellente source d'énergie et de nutriments due à sa richesse en sucres, fibres et sels minéraux. Elle renferme également de nombreux composés bioactifs tel que les polyphénols, les caroténoïdes et les vitamines qui caractérisent ce fruit par des propriétés antioxydantes et thérapeutiques remarquables (**Imran et al., 2011**).

Ce fruit est l'un des plus produits dans le bassin méditerranéen. En effet, selon la FAO la production mondiale de la figue est estimée à plus d'un million de tonnes (1047317 tonnes) en 2016 dont la majorité est produite dans le bassin méditerranéen. L'Algérie est le troisième pays producteur des figues après la Turquie et l'Égypte, et participe à hauteur de 12,5 % de la production mondiale (**FAO, 2016**).

La figue est un fruit climactérique qui poursuit sa maturation après la récolte (**Marei et Crane., 1971**). Ce fruit est très périssable et ne peut être conservé à température ambiante. En Algérie, la conservation sous froid (réfrigération, congélation et surgélation) est la principale technique utilisée pour prolonger la fraîcheur des fruits et légumes et préserver leur qualité organoleptique, nutritionnelle et commerciale. Mais cette technique entraîne des impacts indésirables sur la qualité organoleptique et nutritionnelle (dégradation de la couleur, goût et texture) (**Agoulon, 2011**). Afin de palier aux inconvénients de la conservation à froid (maladie du froid) et d'optimiser la prolongation, d'autres techniques de conservation des fruits frais ont été développées telles que la conservation à atmosphère contrôlée. Cette dernière consiste à créer grâce à un emballage adapté une atmosphère interne qui sera différente de l'air et qui sera composée de faibles teneurs en O₂ et de fortes teneurs en CO₂ afin de ralentir le métabolisme respiratoire (**Djioua, 2010**). Cette technique offre plusieurs avantages dont la prolongation de la durée de vie, la réduction des gaspillages, optimisation de la qualité (détérioration plus lente) et la réduction du besoin en conservateurs artificiels (**Anonyme 1**).

La consommation de la figue en Algérie est principalement tout au long de l'année sous sa forme séchée, le cas des variétés Taamriouth et Aberkane. Cette situation a provoqué un délaissement de certains cultivars ou variétés qui ne se prêtent pas au séchage et par conséquent des pertes importantes en agrobiodiversité du figuier dans la région.

Notre travail consiste à effectuer un suivi des paramètres physico-chimiques liés à la maturation des fruits d'une variété de figue locale « Tahayount » conservée sous atmosphère contrôlée dans le but d'optimiser la prolongation de sa fraîcheur et préserver sa qualité. A cette fin, notre document comporte une synthèse bibliographique traitant principalement du

fruit de sa maturation et des techniques de conservation des fruits frais. La partie pratique décrit la méthodologie et la discussion des résultats obtenus.

Chapitre I : Généralités sur la figue

I. Historique

La figue, fruit très ancien, est connu partout dans le monde et dont l'histoire commence depuis l'antiquité. Elle est reconnue comme fruit sacré et figure dans tous les livres saints. Elle est citée dans la "Sourat Attine" du Coran (**Jeddi, 2009**), dans les bibles chrétiennes, et l'hébreu (**Flaishman et al., 2008**). La culture des figues dans leur mère patrie l'Anatolie remonte à 3 000 - 2 000 ans avant Jésus Christ. Avec le temps, elle s'est répandue dans toute la Méditerranée (**Jeddi, 2009**).

La figue est présumée originaire de l'Asie Occidentale et propagée vers la région méditerranéenne par l'Homme (**Starr et al., 2003**).

II. Taxonomie

Le figuier (*Ficus carica* .L) appartenant à l'ordre des Urticales (**Ghada et al., 2009**), famille des Moracées (**Patil et Patil, 2011**). Cette dernière comporte plus de 1000 espèces (**Starr et al., 2003**) classées dans 40 genres (Tableau I) (**Ghada et al., 2009**).

Tableau I : La taxonomie du figuier selon Chawla et al. (2012).

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

III. Description de la figue

La figue n'est pas un vrai fruit (**Deborah et Stéphanie, 2008**), ce sont les akènes qui le sont (**Chawla et al., 2012**). Elle se trouve solitaire et généralement sessile sur la branche de 5 à 8 centimètres de haut (**Starr et al, 2003**), et de poids qui varie entre 30 à 65 grammes (**Ouaouich et Chimi, 2005**). La figue est composée d'une peau externe pigmentée (verte pur, marron, pourpre ou noire) (**Chawla et al., 2012**), d'un ostiole (œil ou opercule) et d'un

Chapitre I : Généralités sur la figue

pédoncule (Haesslein et Oreiller, 2008). La face interne de la peau est blanche contient de nombreux akènes (en nombre de 30 à 1600 par fruit) attachés à la chair gélatineuse (Figure 1) (Joseph et Justin Raj, 2011).

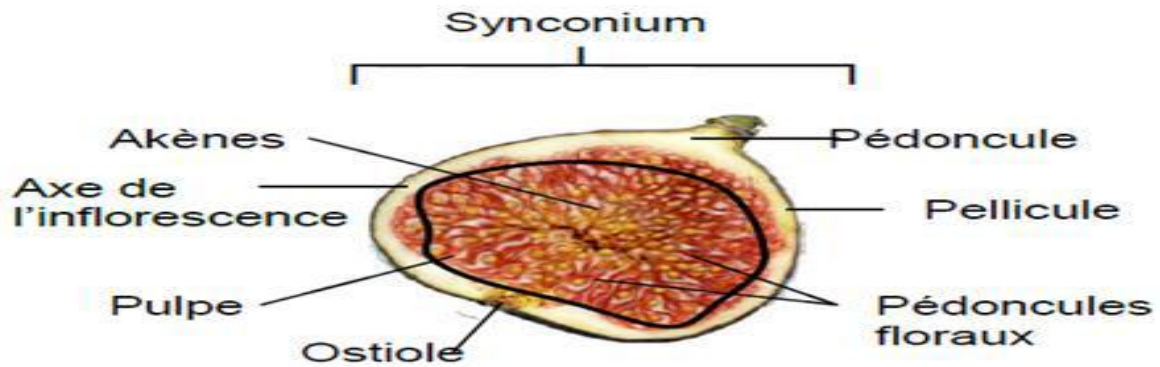


Figure 1 : Coupe transversale d'une figue (Deborah et Stéphanie, 2008).

IV. Valeur nutritionnelle

La figue est un aliment très nutritif (Joseph et Justin, 2011), peut être consommée fraîche ou sèche. Elle est considérée comme une bonne source d'énergie grâce à son apport qui est de 66,8 Kcal, soit 283 KJ pour 100g, une figue qui pesé en moyenne 50 g apport donc 33,4 Kcal (ANSES, 2017). Elle est non seulement un fruit fibreux (Guvenc et al., 2009), mais aussi une source importante de vitamines, d'acides aminés et d'antioxydants (Crisosto et al., 2010). Elle constitue une bonne source de minéraux et d'oligo-éléments, avec des teneurs assez importantes en calcium, phosphore, potassium et en fer (Tableau II) (Infanger, 2004).

Chapitre I : Généralités sur la figue

Tableau II : Composition de la figue fraîche en éléments nutritionnels (ANSES, 2017)

Composant		Quantité moyenne pour 100g de figues
Eau		79.8 (g)
Protéines		0.85 (g)
Lipides		0.3 (g)
Glucides		14.3 (g)
Fibres		2.3 (g)
Vitamines	Vitamine A	14.17 (µg)
	Vitamine B3	0.4 (µg)
	Vitamine B5	0.3 (µg)
	Vitamine B9	7.5 (µg)
	Vitamine C	2 (µg)
	Vitamine E	0.11 (µg)
Minéraux	Calcium	39 (mg)
	Fer	0.37 (mg)
	Magnésium	17 (mg)
	Phosphore	22.5 (mg)

V. Applications thérapeutique

Les figues ont été utilisés comme aliment et remède durant plusieurs siècles (**Gilani et al., 2008**). Ces fruits sont utilisés afin de traiter différents troubles, tel que les problèmes coliques, indigestion, diarrhée, maux de gorge, toux bronchique, problèmes inflammatoire, cardiovasculaire, gastrique et certains cancers (**Gilani et al., 2008 ; McGovern., 2002**). Elles contiennent les plus hauts niveaux de polyphénols, de flavonoïdes et anthocyanines et présentent une grande activité antioxydante (**Pérez et al., 2003 ; Solomon et al., 2006**). Ils ont rapporté aussi sur sa richesse en antioxydants, molécules antivirales et antibactériennes, anti-inflammatoire, hypoglycémiant, hypocholestérolémiant et effets anthelminthiques (**Jeong et al, 2009 ; Teixeira et al., 2006 ; Vaya et al., 2006**).

Chapitre I : Généralités sur la figue

VI. Production de la figue

VI.1 Production mondiale

La production mondiale de figues représente plus d'un million de tonnes dont plus de 90% récoltées autour du bassin méditerranéen (Tableau III) (FAO, 2016). Les producteurs majeurs sont la Turquie avec 29.16% de la production mondiale, suivi par l'Egypte avec 16% et l'Algérie avec 12.58% (FAO, 2016).

Tableau III : Production mondiale de la figue (Tonnes) (FAO, 2016).

Pays	Production en Tonnes
Turquie	305450
Egypte	167622
Algérie	131798
Iran	70178
Maroc	59881
Syrie	43098
Etats unis	31600
Brésil	26910
Espagne	25224
Tunisie	22500

VI.2. Production nationale

La production de la figue en Algérie – 3^{ème} producteur mondial – se réduit principalement à la région du nord en particulier la wilaya de Bejaia et Tizi-Ouzou. La plantation du figuier dans la wilaya de Bejaia occupe environ 10200 (ha). Les différentes communes de la wilaya de Bejaia produisent des quantités variables de figues fraîches selon la surface occupée, sa production est d'environ 16600 tonnes avec un rendement de 1,6tn/ha (Tableau IV) (DSA, 2017).

Chapitre I : Généralités sur la figue

Tableau IV : Production de quelques communes de la wilaya de Bejaia (DSA., 2017).

Commune	Quantité en tonnes (2017)
Barbacha	2200
Beni-maouche	2000
Feraoun	1500
Beni-djellil	1300

Chapitre II : Maturation et composition de la figue

I. Maturation des fruits

La maturation commence dès la véraison (début de changement de couleur) et se poursuit jusqu'à la maturité complète du fruit (Ulrich, 1952). Pendant cette période, de nombreuses réactions cellulaires se mettent en place et sont à l'origine de transformations physico-chimiques majeures, telles que des modifications de couleur, de texture, de composition chimique et de saveur. (Theologis., 1994).

La notion d'espèce climactérique et non-climactérique a été proposée afin de distinguer les fruits qui présentent un accroissement important de leur respiration et de la synthèse d'éthylène (hormone naturelle dite « de maturation ») (Biale., 1964).

I.1. Maturation des fruits non-climactériques

Les fruits non-climactériques sont des fruits dont la maturation est indépendante de l'éthylène, leur activité respiratoire se ralentit progressivement durant la croissance et après la récolte (Figure 2) (Khouni, 2010).

I.2. Maturation des fruits climactériques

Les fruits sont dits "climactériques" quand ils continuent de mûrir après avoir été récoltés en dégageant naturellement de l'éthylène accélérant ainsi la maturation (Khouni, 2010). Les changements liés à la maturation débutent avant la fin de la croissance, puis s'accroissent brusquement à un moment donné lors de la phase climactérique. L'activité respiratoire augmente rapidement de même que la production d'éthylène (Figure 2). (Lurol et al., 2012).

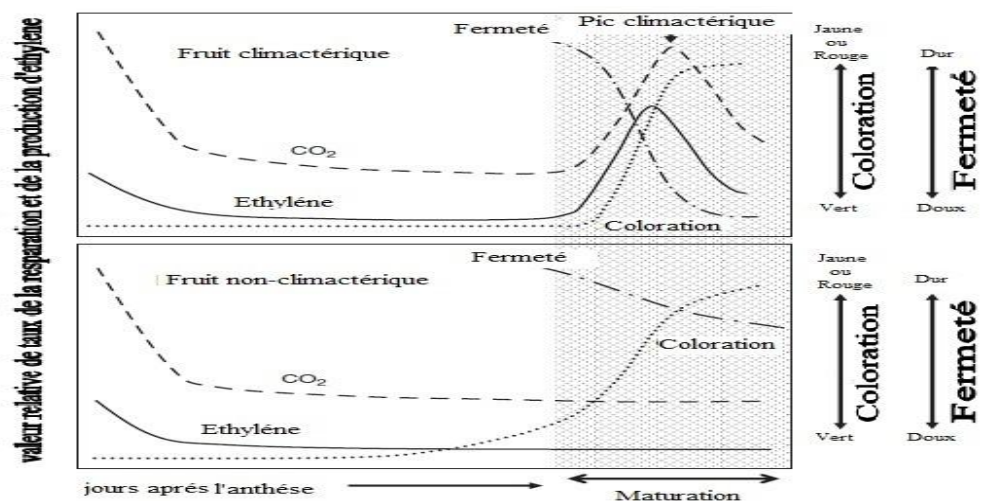


Figure 2 : Maturation typique des fruits climactériques et non climactériques (Nath et al., 2014).

Chapitre II : Maturation et composition de la figue

II. Maturation de la figue

Le processus de maturation de la figue est classé comme climactérique, montrant une élévation dans le taux respiratoire et la production d'éthylène au début de la phase de maturation (**Marei et Crane., 1971**).

Le développement du fruit femelle de la figue est caractérisé par trois phases. La première est caractérisée par une croissance rapide de taille. Pendant la deuxième phase, le fruit reste presque avec la même taille, couleur et fermeté. La troisième phase est considérée comme la phase de maturation, là où le fruit se développe, sa couleur change, la texture de la pulpe se ramollit et devient comestible (**Marei et Crane., 1971**).

III. Evolution de la composition du fruit durant la maturation

Dans leur diversité, les fruits récoltés continuent leur évolution vers la maturité et la sénescence selon leur degré de maturité à la récolte.

La respiration se poursuit, avec absorption d'oxygène, émission de dioxyde de carbone et entretient de la transpiration, celle-ci entraînant une perte d'eau et donc une perte de poids. D'autre part, de nombreuses réactions modifient de façon notable les caractères organoleptiques des fruits pendant la maturation. Ainsi, la teneur en glucides s'élève, augmentant donc la saveur sucrée. L'acidité évolue également, ce qui contribue à modifier la qualité gustative et nutritionnelle. La maturation donne naissance à un grand nombre de composés volatils dont l'éthylène et d'autres molécules en partie responsables de l'arôme. Les composés pectiques sont dégradés, ce qui se traduit par le ramollissement des fruits. Enfin, les pigments, comme le carotène, subissent eux aussi des modifications qui entraînent le changement de coloration de la peau (**Cheftel et Cheftel, 1989**).

Chapitre III : Traitements post-récolte de conservation

Les procédés de conservation post-récolte varient suivant le type de produits. Ces procédés visent à conserver aux maximum les caractéristiques originales des produits, ou fortement ralentir la dégradation de ces produits tout en maintenant leur valeur nutritionnelle et leur qualité organoleptique (texture, gout, odeur ...). Pour cela, il s'agit d'empêcher le développement des insectes, différents micro-organismes et retarder l'autolyse (**Coulombel, 2008**).

I. Qualité des fruits

La notion de qualité d'un fruit varie suivant que l'on s'adresse au producteur, au distributeur ou au consommateur. Pour le producteur, la qualité est principalement synonyme de calibre, de précocité et de résistance aux maladies. Le distributeur caractérise la qualité du produit par sa durée de vie, l'homogénéité des lots de fruits et leur bonne tenue en conservation durant les transports. Enfin, pour le consommateur, la qualité est plutôt liée à l'aspect extérieur, au gout et à la valeur nutritionnelle du fruit (**Léchaudel et Joas, 2007**).

La qualité des fruits est devenue une préoccupation importante des consommateurs et par conséquent, des producteurs et des commerçants. La qualité organoleptique des fruits influence énormément sur le choix des consommateurs (Tableau V) (**Vigneault, 2008**).

Tableau V : Facteurs choisis par les consommateurs comme influençant l'achat de leurs produits (**Vigneault, 2008**).

Facteurs	Pourcentage (%)
Gout/Saveur	96
Fraicheur/Maturité	96
Apparence	94
Valeur nutritionnelle	65

II. Préservation de la qualité des fruits frais

La plupart des fruits sont périssables et ce n'est pas toujours possible de consommer certains fruits sur de longue période. Pendant la période de récolte, on trouve des produits frais en abondance, mais le reste du temps, ils sont difficiles à trouver. De plus, la plupart des fruits tel que la figue ne reste que très peu de temps consommable si on ne les conserve pas rapidement selon une méthode appropriée. (**Ifefitz et al., 2003**).

Chapitre III : Traitements post-récolte de conservation

III. Techniques de conservation des fruits frais

Plusieurs techniques sont mise en place afin de préserver les fruits frais (Tableau VI).

Tableau VI : Techniques de conservation des fruits frais.

La technique		Principe	Références
Conservation Par le froid	La réfrigération	Conservé les fruits à des températures entre 4 et 8°C.	(Daniel, 2013).
	La congélation	Conservé les fruits à des températures en dessous de 0°C en pratique entre -15 et -18°C.	
	La surgélation	Technique de refroidissement brutal (-35 et -196°C) puis de congélation (-15 et -18°C).	
Conservation par irradiation		Ce procédé consiste à exposé les fruits à des rayonnements ionisant (rayons gamma, rayons X) de manière à leur faire absorber une quantité déterminée de ces derniers. L'irradiation à le pouvoir de retarder la maturation des fruits. Elle peut réduire les pertes de produits récoltés et favoriser la conservation prolongée d'aliments sains.	(Brynjolfsson, 1980). (Kampelmâcher, 1980).
Conservation sous atmosphère Modifiée		Conservation sous Atmosphère modifiée (EAM) est une technique de conservation qui consiste à créer grâce à un emballage adapté une atmosphère interne qui sera différente de l'air (O ₂ : 21%, CO ₂ : 0.01 %, N ₂ : 78 %) et qui sera composée de faibles teneurs en O ₂ et de fortes teneurs en CO ₂ pour ralentir le métabolisme respiratoire.	(Djioua, 2010).
Conservation par enrobage		Elle s'agit d'enrober les fruits avec une pellicule comestible qui permet de ralentir le processus de mûrissement et allonger la durée de vie des produits frais, depuis leur lieu de production, jusqu'à celui de leur consommation.	(Elluze et Jeuge, 2014).

Chapitre III : Traitements post-récolte de conservation

Traitement par additifs poste récolte	Les fruits sont traités avec la formule SmartFresh SM (1-méthylcyclopropène ou 1-MCP). Cette formulation est appliqué juste après la récolte sous la forme d'un gaz, agit en tant qu'antagoniste de l'éthylène. Le 1-MCP se fixe de façon définitive sur les récepteurs du fruit de l'hormone de maturation et réduit ainsi son action et son autoproduction.	(Lurol, 2012).
--	--	-----------------------

VI. Emballages à atmosphère modifiée

Tableau VII : Différents emballages sous atmosphère modifiée.

Type d'emballage	caractéristique	Résultats de conservation	auteurs
Polyéthylène de basse densité (PEBD) et Haute densité (PEHD)	Translucide, facile à manier, résistant au froid.	Bonne qualité visuelle, maintien de la fermeté.	(Gonzalez et al., 1997),
Polyéthylène téréphtalate (PET)	Plastique transparent souvent tenté assez résistant à la pression.	Durée de vie allongée.	(Chonhenchab et al., 2007).
Polypropylène biorienté (OPP)	Très grande transparence résiste a la perforation et a l'abrasion, ne transmet aucune odeur ni saveur.	Meilleure conservation au stade <i>firm-ripe</i> .	Anonyme 2

I. Echantillonnage et traitement des échantillons

La récolte de la figue a été faite le 21/08/2017 à Bénimaouche localité située dans le sud-est de la wilaya de Bejaia avec la forte contribution de l'association des figuiculteurs de la wilaya de Béjaia. Connue par son activité agricole comme la production de plusieurs variétés de figue fraîche/sèche. Un label a été attribué à la figue sèche de Bénimaouche. Notre travail est réalisé sur l'une des variétés appelé communément « Tahayount » qui est un fruit de forme ronde, aplati à la base et au sommet, dépourvu de col avec un pédoncule très court, épiderme de couleur jaunâtre et pulpe jaune dorée (Figure 3).



Figure 3 : Photographie d'une variété Tahayount – Localité (Benimaouche).

L'échantillonnage a été effectué d'une manière aléatoire sur plusieurs figuiers. Des fruits sains ont été choisis et arrangés sur des plateaux vides afin d'éviter le contact entre les figues, ensuite les différents plateaux ont été transportés à froid directement vers le laboratoire. Les modalités d'expériences sont :

1. Boîtes de fruits conservés à température ambiante (témoin).
2. Boîtes à petites perforations (1mm de diamètre) chaque 5cm, avec réfrigération (Figure 4).
3. Boîtes à grosses perforations (5mm de diamètre) chaque 5cm avec réfrigération (Figure 5).
4. Boîtes à petites perforations contenant du KMnO_4 , utilisé dans le but d'inhiber l'effet de l'éthylène avec réfrigération (Figure 6) (Nath et al., 2015).

Le choix des perforations est inspiré de la méthode de Villalobos et al., (2014).

- **Préparation du piège à éthylène :** deux morceaux de craie (10 g) sont immergés dans une solution de KMnO_4 à 2500 ppm, puis laissé sécher dans une étuve à 100°C pendant 2h. Enfin ils sont déposés dans les boîtes à petites perforations.

Chapitre I : Matériels et méthodes

- **Conditions de conservation** : Toutes les modalités ont été conservées dans un à basse températures (4-6°C) à l'exception du témoin. Des prélèvements ont été réalisés à T_0 , 5 jours (T_1) et à 10 jours (T_2), puis broyés pour la réalisation des analyses physico-chimiques.



Figure 4 : Photographie des boîtes à petites perforations.



Figure 5 : Photographie des boîtes à grosse perforations.



Figure 6 : Photographie des boîtes à petites perforations contiennent de KMnO_4 .

II. Analyses des paramètres physico-chimiques

Il est important de signaler que les analyses physico-chimiques concernent uniquement les modalités avec conservation à froid et ce dans le but de comparer les résultats entre fruits exposés à une forte concentration en O₂ et l'effet de la présence ou de l'absence du KMnO₄. Par ailleurs, la manipulation et l'utilisation des fruits conservés à température ambiante n'était plus possible dû à l'état de putréfaction et de détérioration des fruits des les premiers jours.

II.1. Paramètres physiques

II.1.1. Teste d'humidité

Pour la détermination de l'humidité on a sélectionné 10 figues après la récolte, puis 4g ont été pesés, ensuite séchées dans une étuve à 103°C pendant 24heures (**Bachir bey, 2015**). Le taux d'humidité est calculé selon la formule suivante :

$$H (\%) = \frac{100 * (P_{avant} - P_{après})}{P_{avant}}$$

H(%) : Taux d'humidité en pourcentage.

P_{avant} : Poids de l'échantillon avant séchage en gramme.

P_{après} : Poids de l'échantillon après séchage en gramme.

II.1.2. Mesure du pH

Le pH de la figue est déterminé par un pH mètre (BANTE instruments 920) après avoir l'étalonné a l'aide des solutions tampon (pH=4, pH=7, pH=10). La sonde du pH mètre est plongée dans un récipient qui contient une quantité de broyat de figue fraiche. Les valeurs du pH sont lues directement sur l'afficheur du pH-mètre (Figure 7).



Figure 7 : pH mètre (BANTE instruments 920).

II.1.3. Mesure de l'acidité titrable

Une quantité de 1g de broyat de figue fraîche est introduite dans 10 ml d'eau distillée suivi d'une agitation afin d'extraire les acides. Le filtrat est titré avec une solution de NaOH à 0,01N jusqu'à pH 8,1 (**Bachir bey, 2015**) (Figure 8). L'acidité titrable est exprimée en g d'acide citrique par 100g MF, selon la formule suivante :

$$\text{Acidité Titrable} \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{C_{NaOH} * V_{NaOH} * M_{Acide\ citrique}}{\text{prise d'essai}} * 100$$

C NaOH : concentration de la solution de soude (0,1 mol/l).

V NaOH : volume (ml) de soude ajouté.

Prise d'essai : poids de l'échantillon utilisé pour le test.

M : masse molaire d'acide citrique (192,124g/mol).



Figure 8 : Mesure de l'acidité titrable.

II.2. Analyses Chimiques

II.2.1. Extraction et dosage d'acide ascorbique

L'extraction de l'acide ascorbique est effectuée à partir de 0,8 g de matière fraîche dans 20 ml d'acide oxalique (1%) avec agitation pendant 30 minutes à l'obscurité. Ensuite le mélange est centrifugé à 5000 tpm pendant 10 minutes. Pour le dosage, un volume de 900 µl de la solution de DCIP (2,6-dichloro-indophénol) à 15 ppm est mélangé avec 100 µl de surnageant ; enfin l'absorbance est lue à 515 nm après 15 secondes (**Klein et Perry, 1982**) à l'aide d'un spectrophotomètre (UviLine 9400). Les teneurs en acide ascorbique sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexe 1), et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique /100g MF.

II. 2.2. Extraction et dosage des Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont extraits selon la méthode de **Sass-Kiss et al (2005)**. Une quantité de 0,8 g de matière fraîche est ajoutée à 10 ml de mélange de solvants (héxane, acétone et éthanol ; 2V/1V/1V). Après 30 minutes d'agitation à l'obscurité, le mélange est centrifugé à 5000 tpm/10 min. L'absorbance de la phase supérieure est mesurée à 450 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Les teneurs en caroténoïdes sont déterminées en se référant a une courbe d'étalonnage (Annexe 2), et les résultats sont exprimés en mg/100g MF.

II. 2.3. Extraction et dosage des composés phénoliques

Pour l'extraction des composés phénoliques, une quantité de 1 g de matière fraîche est introduite dans un Erlenmeyer, puis 75 ml d'acétone à 63,48% sont ajoutés. Le mélange est incubé dans un bain-marie à une température de 48°C pendant 115 min (**Bachir bey et al, 2014**).

Pour le dosage des composés phénoliques, un volume de 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (1/10) et un volume de 800 µl de carbonate de sodium (7,5%) sont ajoutés à 200 µl d'extrait. Après 30 minutes d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 750 nm (**Singleton et Rossi, 1965**). Les teneurs en composés phénoliques sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage établie en utilisant l'acide gallique comme standard (Annexe 3) ; les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique (EAG)/100g MF.

II. 2.4. Evaluation de l'activité anti-radicalaire (DPPH)

L'activité antioxydante est mesurée selon la méthode rapportée par **Shimada et al. (1992)**. 1 ml de DPPH (60 $\mu\text{mol/l}$ dans du méthanol) est ajouté à 200 μl d'extrait. Après 30 min d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 515 nm contre un blanc. Un contrôle (1 ml DPPH + 200 μl acétone 63,48%) a été préparé dans les mêmes conditions. Les résultats sont exprimés en mg EAG /100g MF (Annexe 4).

II. 2.5. Extraction et dosage des sucres totaux

Une quantité de 0,1g de matière fraîche est mélangée avec 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 (0,5M). Après une incubation à 105°C pendant 2heures, le mélange est refroidi puis filtré.

La détermination de la teneur en sucres consiste à mélanger 0,3 ml d'extrait avec 0,3 ml phénol 5% (p/v) et 1,5 ml d'acide sulfurique concentré, après un refroidissement à température ambiante pendant 30 min ; l'absorbance est mesurée à 490 nm (**Debois et al, 1956**). Les teneurs en sucres totaux sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage établie en utilisant du glucose comme standard (Annexe 5) ; les résultats sont exprimés en g équivalent du glucose (EG)/100g MF).

Chapitre II : Résultats et discussion

I. L'humidité

La connaissance de la teneur en eau est primordiale, car elle influence sur la structure, l'apparence et le goût des fruits (Cendre, 2011). Les fruits perdent de l'eau durant toute leur vie, mais de façon accrue après récolte, car les pertes ne sont plus compensées par l'alimentation hydrique de la plante (Lurol, 2012).

Le taux d'humidité de la variété étudiée est de 74%. Ce résultat est proche à celui rapporté par Guvanc et al. (2009), qui ont indiqué que le taux d'humidité varie entre 77,5 et 86,8%. Plusieurs facteurs interviennent dans la variation du taux d'humidité comme la période de récolte, la variété et le type d'irrigation des cultivars.

II. pH

L'importance de mesurer le pH « potentiel d'hydrogène » du fruit sert à indiquer le degré de maturation de ce fruit (Ouaichiche et Chimi, 2005).

La valeur du pH obtenue à T₀ (juste après la récolte) est de $4,42 \pm 0,24$. Cette valeur correspond à celles rapportées par Şimşek et Yildirim, (2010) qui varient entre 4,6 et 5,40. Au 5^e jour (T₁) de conservation sous atmosphère contrôlée, les valeurs du pH varient selon la modalité d'expérience. En effet, les valeurs du pH sont de $4,71 \pm 0,33$, $4,06 \pm 0,43$ et $4,74 \pm 0,26$, respectivement, pour les modalités 1 (Boîtes à petites perforations), 2 (Boîtes à grosses perforations) et 3 (Boîtes à petites perforation contient de KM_nO₄). Au 10^e jour (T₂) les valeurs du pH sont $5,29 \pm 0,8$, $4,17 \pm 0,06$ et $4,76 \pm 0,19$ pour les modalités 1,2 et 3, respectivement (Figure 9).

Le pH pourrait être influencé par plusieurs paramètres comme le stade de maturité du fruit (moins mature, plus d'acides donc pH faible) (Ding, et Meshah, 2016).

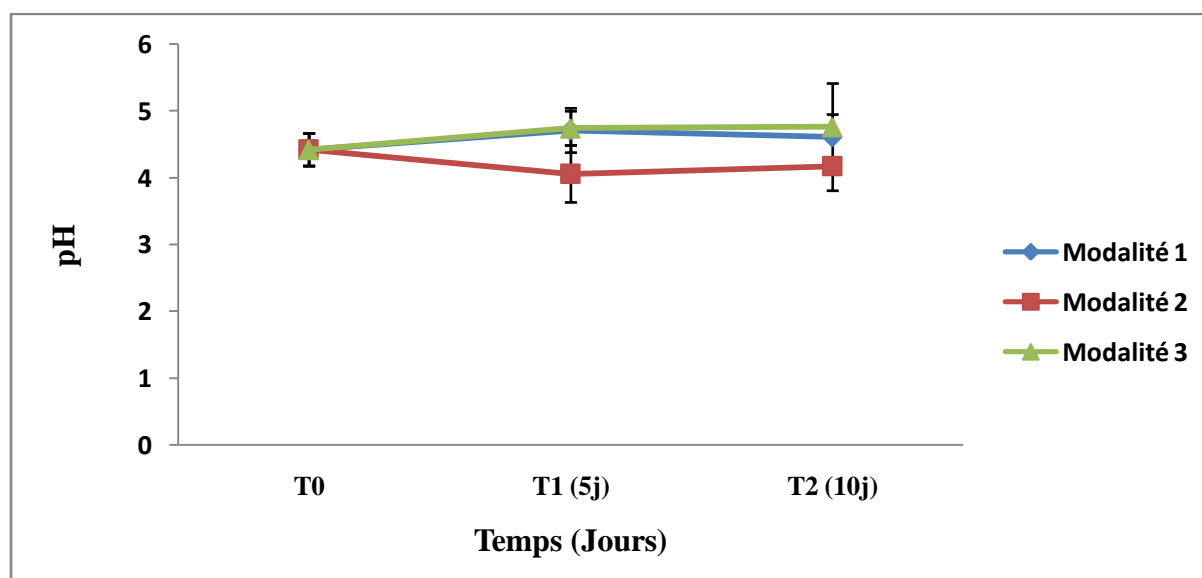


Figure 9 : Evolution du pH des figes durant la conservation.

III. Acidité titrable

L'acidité titrable est un élément important pour la détermination de la date de la récolte. En effet, c'est un indicateur de la maturité des fruits en relation avec les sucres. En général, la teneur en acides organiques diminue durant la maturité. (**Chahidi et al., 2008**).

Les résultats sont présentés dans la figure 10. L'acidité à T_0 est de 0,48 g/100 g MF. Le résultat enregistré est proche de celle rapportée par **Bachir bey, (2015)** (0,53 g/100 g) qui a mené ses études sur la même variété. Au 5^e jour l'acidité la plus élevée est celle de la modalité 2 ($0,72 \pm 0,14$ g/100 g MF), suivi de celle de modalité 3 ($0,37 \pm 0,15$ g/100 g MF) et enfin de celle de la modalité 1 ($0,33 \pm 0,26$ g/100 g MF). Au 10^e jour, de même pour T_1 , les valeurs obtenues suivent la même tendance : modalité 2 ($0,58 \pm 0,26$ g/100 g MF), modalité 3 ($0,42 \pm 0,21$ g/100 g MF) et modalité 1 (0,31 g/100 g MF).

Après récolte, l'acidité des fruits poursuit sa baisse, enclenché sur l'arbre : les différents acides organiques servent en partie de substrat à la respiration cellulaire pour synthétiser des sucres et divers composés (phénoliques et aromatiques) (**Lurol, 2012**). Concernant l'augmentation de l'acidité de la modalité 2, elle peut être expliquée par la largeur des perforations (5 mm) de l'emballage permettant une plus grande pénétration de l' O_2 provoquant ainsi l'augmentation de l'intensité respiratoire ayant pour conséquence la production d'acides organiques lors de la respiration (**Lurol, 2012**) et l'éventuel développement d'une microflore indésirable ayant pour résultat la production d'acides organiques (**Villalobos et al., 2015**).

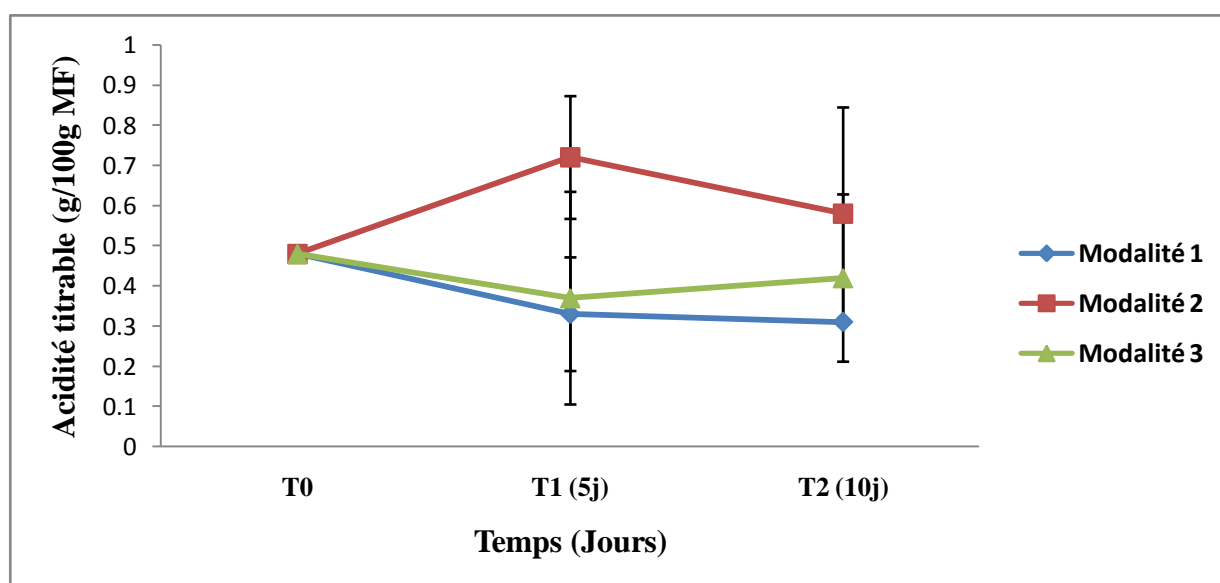


Figure 10 : Evolution de l'acidité titrable des figes durant la conservation.

Chapitre II : Résultats et discussion

IV. Acide ascorbique

L'acide ascorbique est le composé qui désigne la vitamine C. Cette vitamine joue un rôle important contre le stress oxydatif, provoqué par les espèces réactives de l'Oxygène (O_2^- , H_2O_2) (Hodges et Forney, 2001).

L'évolution des teneurs en acide ascorbique durant la conservation est présentée dans la figure 11. A T_0 la teneur en acide ascorbique est de 7,8 mg/100 g, cette valeur est supérieure à celle rapportée par Bachir bey, (2015) (6 mg/100 g) qui a mené ses études sur la même variété, cela peut être est due aux conditions de conservation et de préparation des échantillons. Au 5^e jour les teneurs ont diminué dans toutes les modalités 1,2 et 3 pour atteindre les valeurs de 6,8, 6,6 et 6,5 mg/100 g, respectivement. Au 10^e jour les teneurs poursuivent la baisse dans toutes les modalités (5,8 5,6 et 5,4 mg/100 g), respectivement. Cette diminution pourrait être due à la modification de l'atmosphère (composition en O_2 et CO_2), entourant les fruits et conduisant à l'oxydation de l'acide ascorbique. La baisse de la température provoque également les maladies du froid « chilling injury » ayant un effet sur la concentration en acide ascorbique (Lee et Kader, 2000).

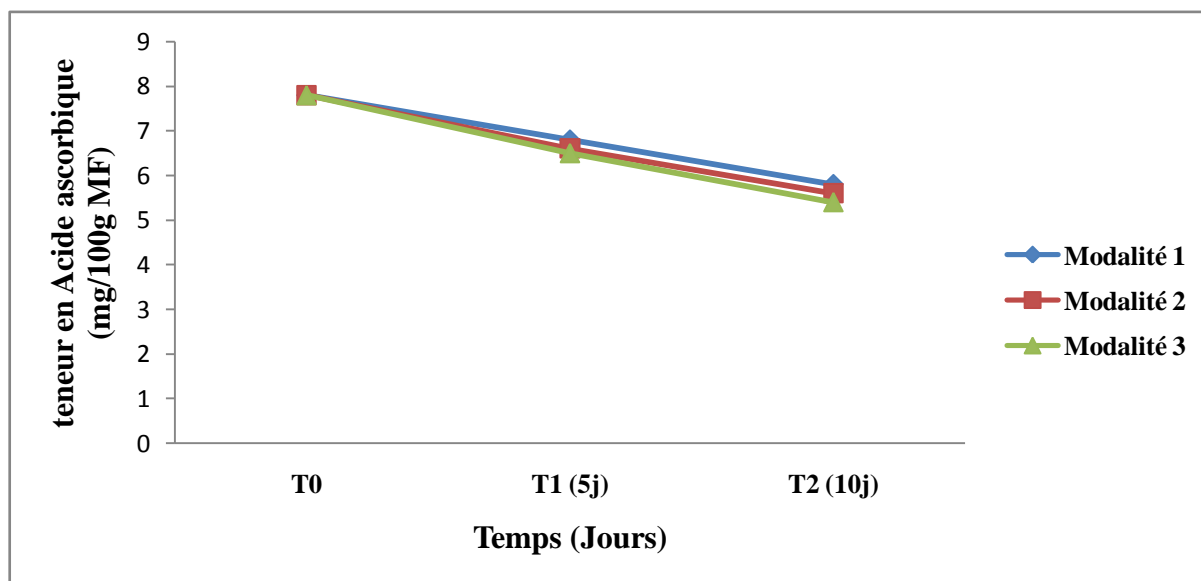


Figure 11 : Evolution des teneurs en acides ascorbique des figes durant la conservation.

Chapitre II : Résultats et discussion

V.Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont les colorants liposolubles, responsables de la couleur jaune, orange et rouge de plusieurs fruits (Nath et al, 2014). Le changement de coloration est le processus le plus visible de la maturation et constitue souvent un bon critère de suivi de la maturité (Lurol, 2012).

Les résultats de l'évolution des caroténoïdes sont présentés dans la figure 12. A T₀ la teneur est de 8,13 mg E β carotène /100 g MF. L'étude menée par Kakhniashvili et al. (1987) sur les figes fraîches a rapporté des teneurs qui varient entre 1,6 et 4,3 mg E β carotène /100 g MF. Cette différence pourrait être due au degré de maturation et à la différence variétale. Au 5^e jour les teneurs en caroténoïdes ont augmenté dans les modalités 1 et 2 à des valeurs de 10,96, 10,99 mg E β carotène /100 g MF, respectivement et la teneur en caroténoïdes dans la modalité 3 est restée stable (8,15 mg E β carotène /100 g MF). Au 10^e jour les teneurs dans les modalités 1 et 2 ont diminué avec des valeurs de 8,94, 10 mg E β carotène /100 g MF, respectivement. Cependant pour la modalité 3, la teneur a augmenté pour atteindre 11,86 mg E β carotène /100 g MF. La modalité 3 se distingue par la présence du KM_nO₄ molécule utilisée comme inhibiteur de l'éthylène (Nath et al., 2015), ce qui pourrait expliquer la stabilité de la production des caroténoïdes (coloration) durant les 5 premiers jours (Nath et al, 2014). Il serait donc possible d'avancer que la présence de l'inhibiteur a retardé la coloration du fruit. Toutefois, concernant la diminution enregistrée pour les modalités 1 et 2, elle est due probablement au déclenchement de la phase de sénescence du fruit (Merzlyak et al., 1998).

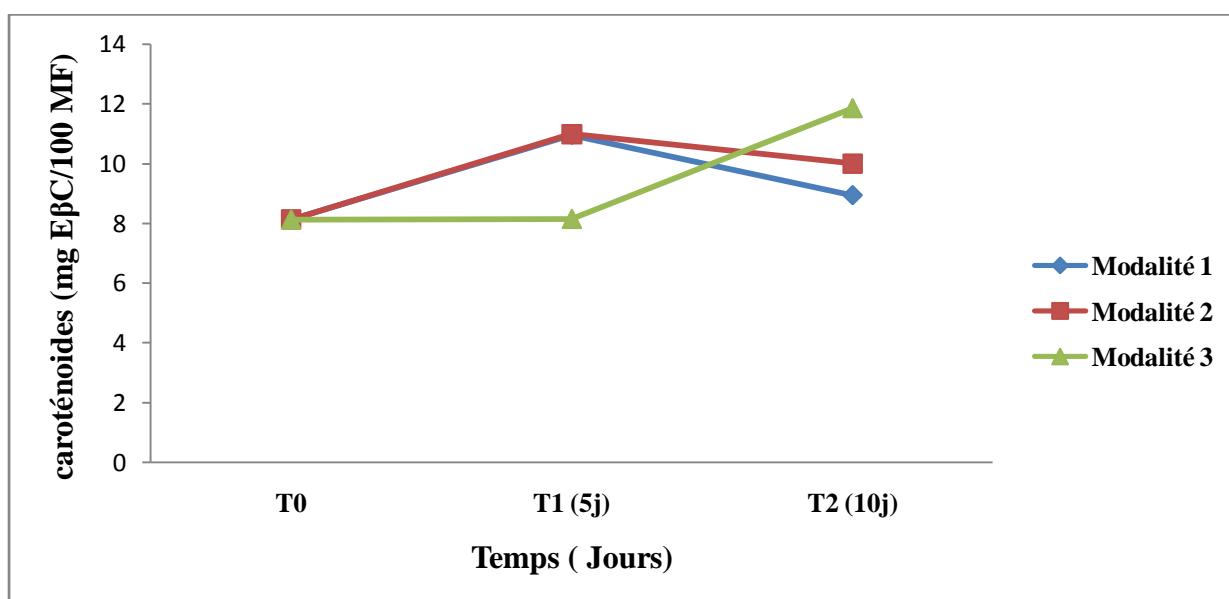


Figure 12 : Evolution des teneurs en caroténoïdes des figes durant la conservation.

Chapitre II : Résultats et discussion

VI. Composés phénoliques totaux

Les composés phénoliques sont des éléments importants de la qualité du fruit en raison de leur contribution au goût, à la couleur et propriétés nutritionnelles des fruits (**Said Tawfik, 2014**).

La figure 13 présente les résultats de l'évolution des composés phénoliques durant la conservation. A T_0 la teneur en polyphénols totaux du fruit est de 311,15 mg EAG/100 g MF, cette valeur est inférieure à celle rapportée par **Bachir bey, (2015)** qui a mené ses études sur la même variété (496,78 mg EAG/100 g MF). Cette différence est due principalement au degré de maturité du fruit. A T_1 les teneurs en composés phénoliques totaux diminuent dans la modalité 1 et 2, avec des valeurs respectives de 267,11 et 276,06 mg EAG/100 g MF. Concernant la modalité 3, il est observé la stabilité de la teneur en polyphénols totaux avec une légère augmentation (316,66 mg EAG/100 g MF). Au 10^e jour une légère augmentation est constatée pour les modalités 1 et 2, respectivement de 283,63, 305,65 mg EAG/100 g MF et une diminution pour la Modalité 3 avec une valeur de 244,41 mg EAG/100 g MF. La diminution des polyphénols (5 j) des modalités 1 et 2 pourrait être expliquée par la réorientation du métabolisme du fruit vers la biosynthèse des molécules de réserves et de marqueurs de maturation avancée (sucres, arômes, pigments...), ainsi que l'effet des facteurs externes comme les pratiques culturales ou le stockage, peuvent également modifier la composition phénolique des fruits et donc leur potentiel antioxydant (**Mehinagic, 2011**). Concernant la modalité 3 et à l'instar des caroténoïdes, la présence du KM_nO_4 paraît avoir un effet sur la stabilité constatée de la teneur en polyphénols totaux et contribuerait à retarder sa diminution (**Toor et Savage, 2006**). L'augmentation des polyphénols totaux observée dans les modalités 1 et 2 dès le 5^e jour reste difficilement à expliquer.

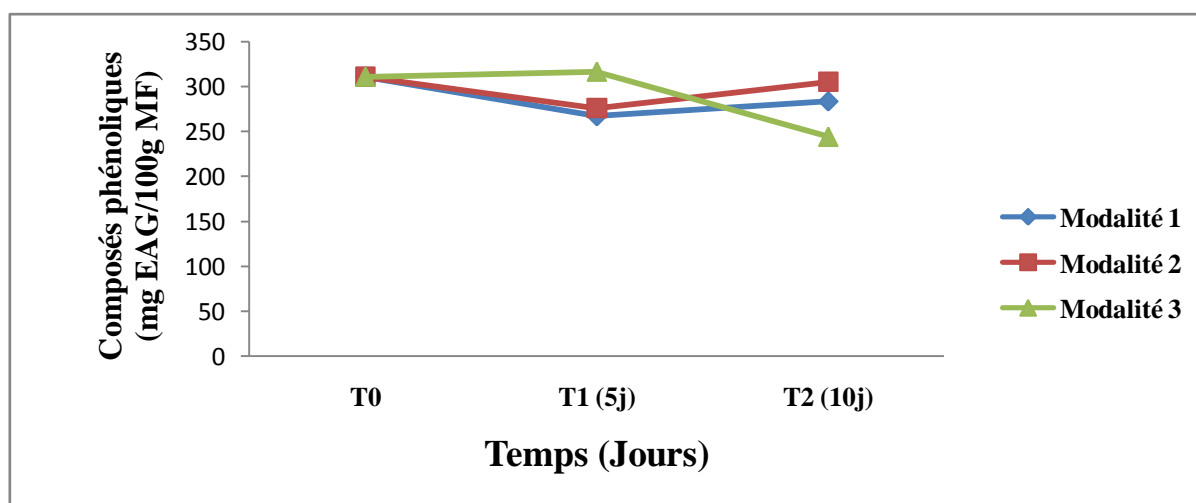


Figure 13 : Evolution des teneurs en composés phénoliques totaux des figes durant la conservation.

VII. Activité antioxydante

La figue renferme plusieurs antioxydants dont les composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines et éléments minéraux (**Bachir bey, 2015**).

Les résultats de l'évolution de l'activité anti-radicalaire (DPPH) durant la conservation sont présentés dans la figure 14. L'activité à T₀ est de 14,63 mg EAG/100 g MF, ce résultat est inférieur à celui rapporté par **Bachir bey, (2015)** qui a mené ses études sur la même variété (44,59 mg EAG/100 g MF), cette différence pourrait être expliquée par le stade de maturité lors de l'échantillonnage, ainsi qu'aux conditions climatiques. Au 5^e jour on observe que l'activité dans les modalités 1 et 2 reste stable avec 15,53 et 15,65 mg EAG/100 g MF, respectivement. Par contre l'activité de la modalité 3 a fortement augmenté (26,22 mg EAG/100 g MF). Au 10^e jour, l'activité dans la modalité 1 augmente 27,63 mg EAG/100 g MF, contrairement aux modalités 2 et 3 qui ont diminué à 9,03 et 8,01 mg EAG/100 g MF respectivement. La stabilité de l'activité antioxydante au 5^e jour dans les modalités 1 et 2 pourrait être due à un équilibre de concentration entre les oxydants et les antioxydants provoqué par les basses températures de réfrigération et la continuité de la maturation (lente) pour cause d'accumulation de l'éthylène au sein de l'emballage (**Fernando, 2014**). La forte augmentation dans la modalité 3 est probablement due au maintien de la teneur en polyphénols constaté avec une légère augmentation. En effet plusieurs travaux ont démontré la corrélation positive entre la concentration en polyphénols et le pouvoir antioxydant (**Toor et Savege, 2006**). Par ailleurs l'augmentation de l'activité pour la modalité 1 reste inexplicée. La diminution constatée dans les modalités 2 et 3 pourrait être expliquée par l'entrée de la phase de sénescence par le fruit (**Fernando, 2014**).

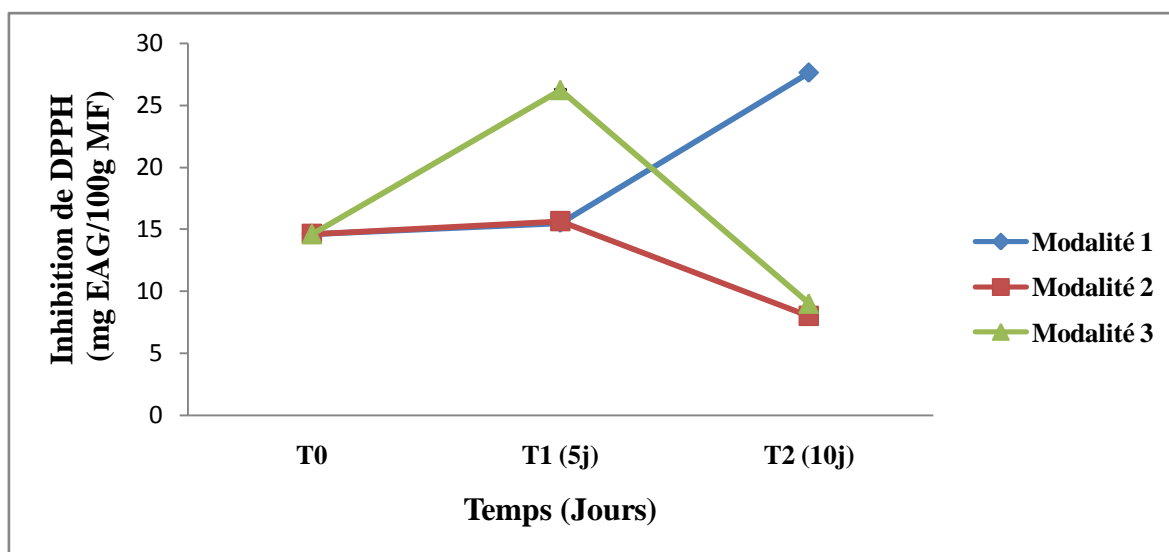


Figure 14 : Evolution de l'activité anti-radicalaire DPPH des figes durant la conservation.

Chapitre II : Résultats et discussion

VIII. Sucres totaux

L'évolution du taux de sucres après récolte dépend principalement de la quantité et de la forme des réserves dont dispose le fruit avant la cueillette (Lurol, 2012).

La figure 15 présente l'évolution des sucres durant la période de la conservation. A T_0 la teneur en sucre est de 31,52 g EG/100 g MF, cette valeur est supérieure à celle rapportée par Haesslein et Oreiller, (2008) qui peuvent varier entre 9 à 18 g EG/100 g en fonction de la variété et degré de maturité. Au 5^e jour les teneurs diminuent par rapport à T_0 dans l'ordre suivant : modalité 3 (17,02 g EG /100 g MF), modalité 2 (16,25 g EG /100 g MF) et modalité 1 (12,08 g EG /100g MF). Au 10^e jour les teneurs continuent leur diminution dans le même ordre que T_1 : modalité 3 (11,31 g EG /100 g MF), modalité 2 (9,88 g EG /100 g MF), modalité 1 (9 g EG /100 g MF).

Les fruits climactériques tel que la figue utilisent le sucre dans la respiration cellulaire et comme carburant de réaction de synthèse (métabolites secondaires...etc.) nécessaire à leur survie dans les nouvelles conditions de conservation (Lurol, 2012).

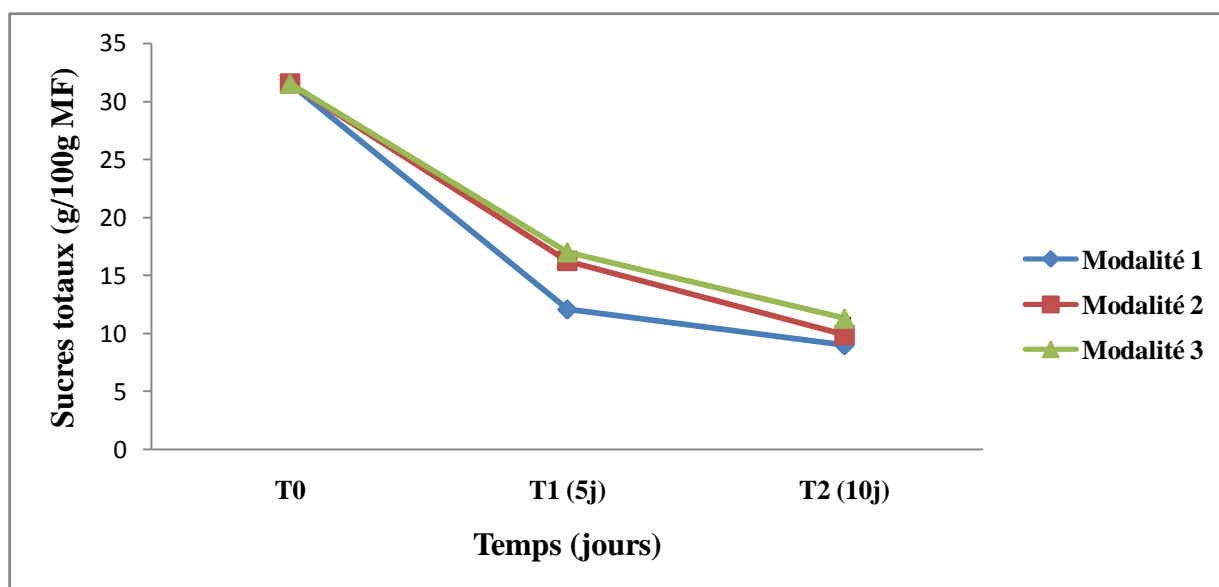


Figure 15 : Evolution des teneurs en sucres totaux des figes durant la conservation.

Chapitre II : Résultats et discussion

IX. Aspect visuel des fruits

La figure 16 montre la comparaison de l'aspect visuel des fruits entre les modalités d'expérience tout au long de la conservation. Il est important de souligner que des observations de l'aspect visuel général des fruits à été suivi durant toute la période de conservation pour T_1 et T_2 par comparaison à des fruits laissés à température ambiante durant 1 et 5 jours uniquement.

Pour les modalités conservées à froid, il est observé tout au long de la conservation le maintien de l'aspect des fruits qui est resté quasiment identique à l'aspect des fruits fraîchement récoltés.

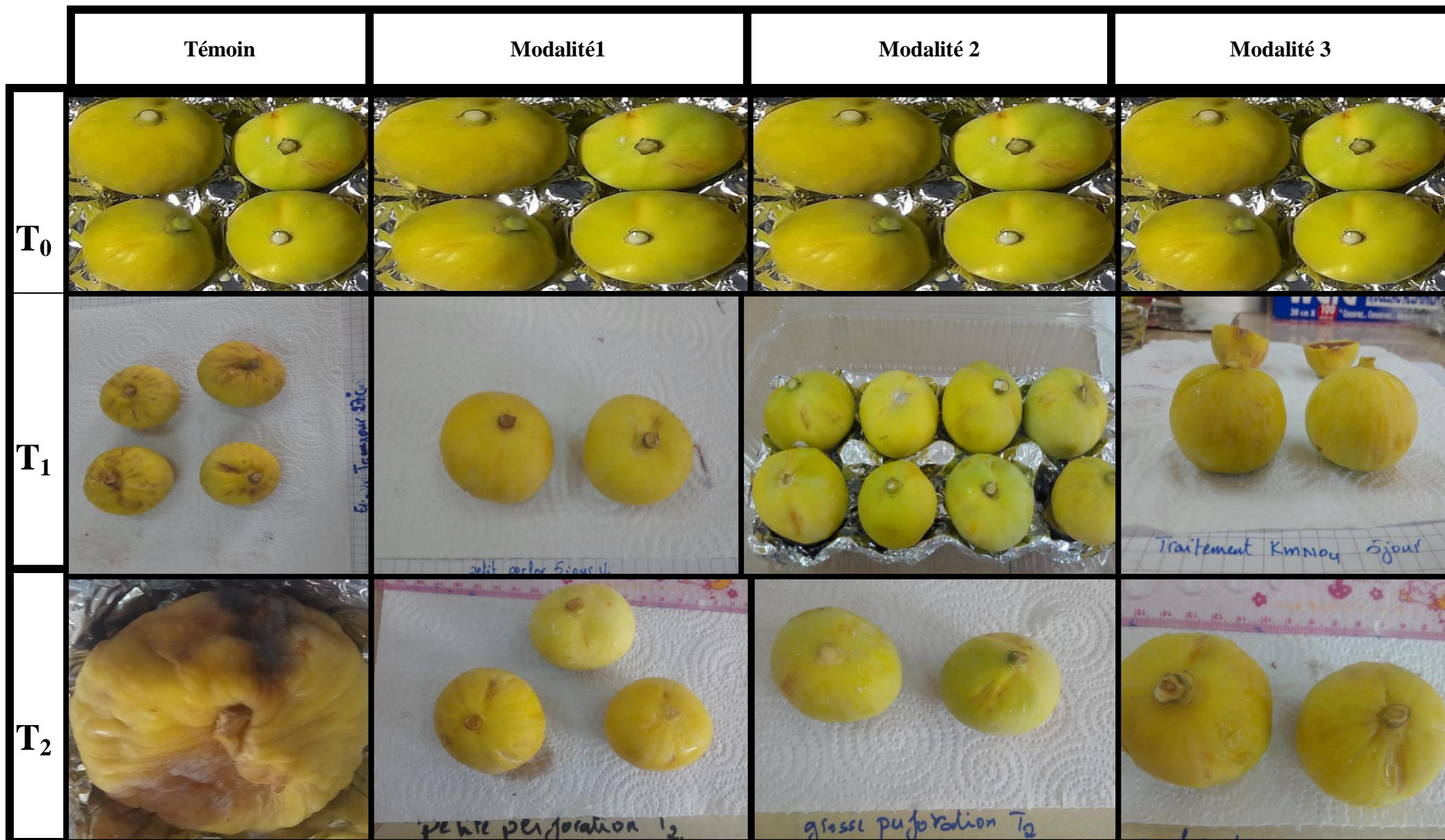


Figure 16 : Aspect visuel des figes durant la conservation (T₀= 0 min, T₁= 5 jours et T₂= 10 jours).

Conclusion

Dans le but de prolonger la fraîcheur des figes de variétés ne s'y prêtant pas au séchage, nous avons mené notre étude sur l'une des variétés appréciée communément appelée « Tahayount ». Un suivi de l'évolution de certains paramètres physico-chimiques et des composés bioactifs en relation avec la maturation des fruits est réalisé sur des fruits conservés durant 10 jours sous atmosphère contrôlée selon trois différentes modalités d'expérience.

Les résultats obtenus montrent une évolution des paramètres physico-chimiques et variation des teneurs en composés bioactifs, ce qui confirme l'effet des traitements post-récolte sur la qualité du fruit. Pour les paramètres physico-chimiques, on a constaté une augmentation du pH de $4,42 \pm 0,24$ à $5,29 \pm 0,8$, ce résultat est confirmé par la diminution de l'acidité de 0,48 à 0,31 g/100 g MF. À propos des paramètres chimiques, les teneurs en sucres totaux révèlent une diminution pour l'ensemble des modalités avec des valeurs minimales et maximales de 31,52 à environ 9 g EG/100 g MF. Concernant les substances bioactives, une diminution des teneurs en composés phénoliques et en Vitamine C a été également enregistrée avec des valeurs minimales et maximales de 311,15 à 305,65 mg EAG/100 g MF et de 7,8 à 5,4 mg/100 g MF, respectivement. Au sujet des teneurs en caroténoïdes, une évolution différente par modalité a été observée avec des valeurs minimales et maximales de 8,13 à 11,86 mg E β carotène/100 g MF.

L'ensemble de ces résultats renseignent d'abord sur une différence notable en termes de réponses des fruits à la conservation sous différentes modalités. En effet, la technique employée relève des résultats positifs dans les 5 premiers jours avec une stabilité de certains paramètres tels que les composés phénoliques et les caroténoïdes qui sont considérés comme des indices de maturation. De plus, on a constaté que le fruit garde son aspect visuel durant toute la durée de la conservation (10 jours) quelque soit la modalité. Ceci est certainement dû à l'effet du froid.

Sur la base des résultats obtenus, il est possible de se prononcer sur l'effet positif des conditions de conservation de notre étude, notamment la modalité à petite perforation en présence d'un piègeur d'éthylène.

Enfin, en perspective il serait souhaitable d'élargir l'étude sur d'autres variétés ne pouvant pas être séchées et fortement appréciées (Bakour, Bouankik,...), ainsi que le suivi d'autres paramètres physico-chimiques (fermeté, perte en eau, la couleur,...), biochimique (synthèse d'éthylène, production de CO₂ et enzymes liés à la maturation) et microbiologiques. Il serait aussi intéressant de mener cette étude sur une conservation prolongée au delà de 10 jours.

Références bibliographiques

A

- Agoulon A. (2012). Impact des paramètres de surgélation sur les caractéristiques des denrées alimentaires. Air product and chemicals.
- ANSES. (2017). Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <http://www.anses.fr>.

B

- Bachir bey M., Meziant L., Benchikh Y., & Louaileche H. (2014). Deployment of response surface methodology to optimize recovery of dark fresh fig (*Ficus carica L*, var. Azenjar) total phenolic compounds and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 162 : 277-282.
- Bachir bey M. (2015). Etude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques, les propriétés antioxydantes et les profils phénoliques des variétés de figues (*Ficus carica L.*).Thèse doctorat. Université Abderrahmane Mira. Bejaia.
- Biale J.B. (1964). Growth, maturation and senescence in fruits. *Science*. (146) : 880-888.
- Brynjolfsson A. (1980). Food Irradiation in the United States. Comptes rendus de la 26ème réunion européenne des spécialistes de la viande. Colorado Springs/Etats-Unis.

C

- Caraglio Y. (2008). Les sucrés du figuier. Les sorties nature : passage de l'automne à l'hiver.<http://www.Fig-baud.com>.
- Cendre A. (2011). Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus.l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Chahidi B., El-Otmani M., Jacquemond C., Tijane M., El-Mousadik A., Srairi I., Luro F. (2008). Utilisation de caracteres morphologiques, physiologiques et de marqueurs moleculaires pour l'evaluation de la diversité génétique de trois cultivars de clémentinier. *Biologie et génétique moleculaire*. 331 : 1-12.

Références bibliographiques

- Chawla A., Kaur R. & Sharma A. K. (2012). (*Ficus carica*.L). A review on its pharmacognostic, phytochemical and pharmacological aspects. International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research. 1 (4): 215-232.
- Cheftel J.C., et Cheftel H. (1989). Introduction à la biochimie et à la technologie des Aliments. coll. Tec et Doc ; ed. Lavoisier.
- Chonhenchob V., Chantarasomboon Y., & Singh, S.P. (2007). Quality changes of treated fresh-cut tropical fruits in rigid modified atmosphere packaging containers. Packag. Technol Science, 20, 27-37.
- Coulombel A. (2008). Stockage et conservation des récoltes en agriculture biologique. ALTER AGRI n°90 .12p
- Crisosto C. H., Bremer V., Ferguson L., & Crisosto G. M. (2010). Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica*. L.) cultivars harvested at two maturity stages. Journal of Horticultural Science. 4 (45) : 707–710.

D

- Daniel M. (2013). Les différents modes de conservation des aliments.
- Deborah H. et Stéphanie O. (2008). Fraiche ou séchée, la figue est dévoilée. Genève, Filière Nutrition et diététique. Heds Ecole de Santé : 1-4.
- Ding. P & Mashah N. C. (2016). Growth, maturation and ripening of underutilized *Carissa congesta* fruit. Department of Crop Science, Faculty of Agriculture, Universiti Putra Malaysia. 71(3): 171-176.
- Doymaz I. (2005). Sun drying of figs. Experimental study. Journal of Food Engineering. 71: 403-407.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., & Smith F. (1965). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. Analytical Chemistry, 28 : 350-356.
- Djioua T. (2010). Amélioration de la conservation des mangues 4ème gamme par application de traitements thermiques et utilisation d'une conservation sous atmosphère modifiée. Thèse doctorat. 'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. France.
- DSA. (2017). (Direction des Services Agricole). Béjaia.

Références bibliographiques

E

- Ellouze M. et Jeuge S. (2014). Développement d'un enrobage comestible pour les viandes fraîches. Perception des consommateurs français. Les Cahiers de l'IFIP. 1(1) : 69-74.

F

- FAO. (2016). (Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'Agriculture).
- Fernando H. R. P., Srilaong, V., Pongprasert, N., Boonyaritthongchai, P & Jitareerat, P. (2014). Changes in antioxidant properties and chemical composition during ripening in banana variety 'Hom Thong' (AAA group) and 'Khai' (AA group). International Food Research Journal. 21(2): 749-754.
- Foyer C.H., Lelandais M., Kunert K.J.(1994). Photooxidative stress in plants. Physiologia Plantarum. 92 : 696–717.
- Flaishman M. A., Yablovich Z., & Golobovich S. (2008). Molecular breeding in fig (*Ficus carica*) by the use of genetic transformation. *Acta Horticulturae*, 798 : 151–158.

G

- Ganzalez-Aguilar, G.A., Celis, J., Sotelo-Mundo, R.R., De la Rosa, L.A., Rodrigo-Garcia, J., & Alvarez-Parilla, E. (2008). Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5 °C. International Journal of Food Science and Technology, 43: 91–101.
- Ghada B., Olfa S., Messaoud M., Mohamed M., Mokhtar T. & Amel S.-H. (2009). Sequence analysis of the internal transcribed spacers (ITSs) region of the nuclear ribosomal DNA (nrDNA) in fig cultivars (*Ficus carica*. L.). Journal of Scientia Horticulturae. 120 : 34-40.
- Gilani, A. H., Mehmood, M. H., Janbaz K. H., Khan L U., & Samd S.A. (2008). Ethnopharmacological studies on antispasmodic and antiplatelet activities of *Ficus carica*. J.Ethnopharmacol. 119 : 1-5.
- Guvenc M. E. (2009). Analysis of fatty acid and some lipophilic vitamins found in the fruits of the (*Ficus carica*) variety picked from the Adiyaman district. Research Journal of Biological Sciences. 4 (3): 320-323.

Références bibliographiques

H

- Haesslein D et Oreiller S. (2008). Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Filière Nutrition et diététique. Haute école de santé Genève.
- Hodges M. D., Forney C.F. (2001). Antioxidant Responses in Harvested Leaves of Two Cultivars of Spinach Differing in Senescence Rates. Atlantic Food and Horticulture Research Centre.126 (5): 611-617.
- Hrazdina G., Marx G.A., & Hoch H.C. (1982). Distribution of secondary plant metabolites and their biosynthetic enzymes in pea (*Pisum sativum*. L.) leaves. Plant Physiol ; 70(3): 745-748.

I

- Ifefitz.J et Bas.K. (2003). La conservation des fruits et légumes . Fondation agromisa wagneningnen.
- Imran. A., Jat. R. K., Varnika. S. (2011). A review on traditional, pharmacological, pharmacognostic properties of *Ficus carica* (Anjir). International Research Journal of Pharmacy. (12): 124-127.
- Infanger E. (2004). Table de composition nutritionnelle suisse. Berne. 1992-0067.

J

- Jeddi L. (2009). Valorisation des figues de Taounate : Potentiel. mode et stratégies proposées. Thèse présenté dans le cadre de l'examen d'aptitude professionnelle pour l'avancement de grade dans le cadre d'ingénieur d'état. P. 29.
- Jeong, M., Kim .Rs H. Y. et Cha .J. D. (2009). Antimicrobial activity of methanol extract from *Ficus carica* leaves against bacterial bacteria. (39) : 97-102.
- Joseph B. et Justin Raj, S. (2011). Pharmacognostic and phytochemical properties of (*Ficus carica*. L.) -An overview. International Journal of Pharmacy and Technology Research. 3 (1) : 08-12.

Références bibliographiques

K

- Kakhniashvili T.A., Kolesnik A., Zherebin Yu. L., Golubev V. N. & Pilipenko L. N. (1987). Lipids of the fruit of (*Ficus carica*). Plenum Publishing Corporation Ukraine. 394- 397.
- Kampelmâcher E. H. (1980). The prospects of the elimination of pathogens by the process of food irradiation. Comptes rendus d'un colloque international sur les procédés combinés d'irradiation.
- Khouni. I. (2010). Biologie et Physiologie Végétale ; physiologie du fruit. Documents de cours. Université virtuelle de Tunis.
- Klein B.P. & Perry. A.K. (1982). Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. Journal of Food Sciences. (47) : 941-945.

L

- Lee K.S & Kader A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology. (20) : 207-220.
- Lurol S., Ctifl. (2012). Maitriser La maturation des fruits –pêche, poire, abricot, kiwi-. centre technique interprofessionnel des fruits et légumes .Paris.
- Léchaudel M., & Joas J. (2007). An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior. Brazilian Journal of plant physiology. (19): 287-298.

M

- Marei, N., & Crane, J. C. (1971). Growth and respiratory response of fig (*Ficus carica* L. cv. Mission) Fruits to Ethylene. Plant Physiol. (48) : 249–254.
- Mehinagic E., Bourles E., & Jourjon F. (2011). Composés des fruits d'intérêt nutritionnel : impact des procédés de transformation sur les polyphénols. Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture. 43 (6) : 364-368.
- Merzlyak M.N., Gitelson A.A., Pogosyan S.I., Lekhimena L., & Chivkunova O.B. (1998). Light-induced pigment degradation in leaves and ripening fruits studied in situ with reflectance spectroscopy. Physiologia Plantarum. 104: 661-667.
- McGovern, T.W. (.2002). The fig-(*Ficus carica*. L).Cutis. (69): 339-340.

Références bibliographiques

N

- Nath.A., Bandita Bagchi.V.K., Verma.H., Rymbai. A. K., Bidyut.Jha. & Deka.C. (2015). Extension of Shelf Life of Tomato Using KMnO₄ as Ethylene Absorbent. Indian Journal of Hill Farmin. Pp : 77-80.
- Nath P., Bouzayen M., Mattoo K.A., & Pech J.C. (2014). Fruit Ripening Physiology, Signalling and Genomics.p 3.

O

- Ouaouich A. et Chimi H.(2005). Guide du secheur de figes, Maroc. Projet de développement du petit entrepreneariat agroindustriel dans les zones péri-urbaines et rurales des régions prioritaires avec un accent sur les femmes au Maroc. Pp : 1-27.

P

- Patil V. V. & Patil V. R. (2011). (*Ficus carica*. L). An Overview. Research Journal of Medicinal Plant. 5 (3) : 246-253.
- Perez. C.,Canal. J. R. & Torres . M. D. (2003). Experimental diabetes treated with *Ficus carica* extract: effect on oxidative stress parameters. *AcadDiabetol*. (40): 3-8.
- Pega A., Pinna I., Özer K.B., Agabbio M. & Aksoy U. (2004). Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* .L): drying kinetics and quality loss. *International Journal of Food Science & Technology*. (39): 793-799.

S

- Said Tawfik M., Alhejy M. (2014). Antioxidants in fig (*figus carica* L.) and their effects in the prevention of atherosclerosis in hamsters. *Journal of Food and Nutrition Science*; 2 (4):138-145.
- Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M.M., & Toth-Markus M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*. (38): 1023-1029.
- Şimşek M., Yildirim H. (2010). Fruit characteristics of the selected fig genotypes. *African Journal of Biotechnology*. (37): 6056-6060.
- Singleton V.L., & Rossi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult*. (16) : 144-158.

Références bibliographiques

- Solomon. A., Golubowicz. S., Yablowicz.Z., Grossman. S., Bergman.M., Goulieb. H. E., Altman. A., Kerem. Z., & Flaishman. M. A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L). *J. Agric. Food Chem* (20): 7717-7723.
- Shimada K., Fujikawa K., Yahara K., & Nakamura T. (1992). Antioxydative proprieties of xanthum on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 945-948.
- Starr. F., Starr. K. et Loope. L. (2003). (*Ficus carica*). Edible fig Moraceae. United States Geological Survey--Biological Resources Division Haleakala Field Station.Pp: 1-6.

T

- Theologis A. (1994). Control of ripening. *Current Opinion in Biotechnology*. (5): 152-157.
- Terxeira. D. M., Patao. P., Coelho. A .V. & Costa.C. (2006). Comparison between sample disruption methods and solid-liquid attraction (SLE) to extract phenolic compounds from *E currca laws*. *JC Chommgn* (1103) : 22-28.
- Toor R. K., Savage G.P. 2006). Change in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*. (99). 724-727.

U

- Ulrich R. (1952). *La vie des fruits*. Masson. Paris, 370p.

V

- Vaya, J. and S. Mahmood. 2006. Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L), mob (*Cerwoniasiliquo*L) and pistachio (*Poraciulennism* L). *Bib/actors*, 28 :169-175.
- Vigneault C., Charles M.T., Toussaint V., et Trépanier G. (2008). Qualité et conservation post récolte de la carotte. *CRAAQ*. Pp59.
- Villalobos M.C., Serradilla M.J., Martín A., Moyano R. S., Pereira C., & Córdoba M G. (2014). Use of equilibrium modified atmosphere packaging for preservation of ‘San Antonio’ and ‘Banane’ breba crops (*Ficus carica* L.). *Postharvest Biology and Technology*.p 14-22.

Références bibliographiques

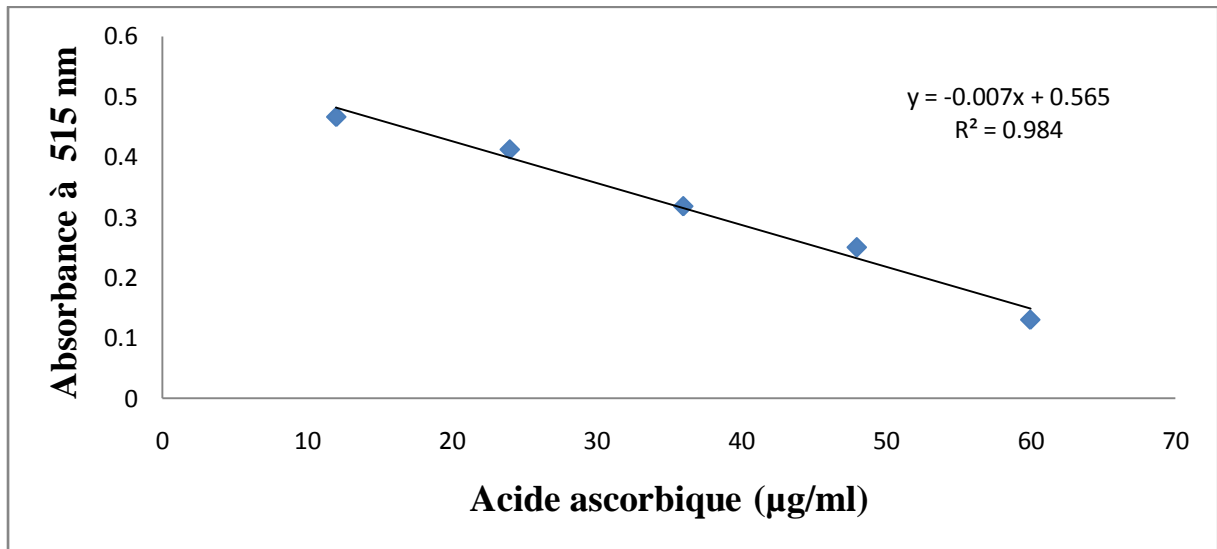
- Villalobos M.C., Serradilla M.J., Martín A., Corrales M.L., Pereira C., & Córdoba M G. (2015). Preservation of different fig cultivar (*Ficus carica* L.) under modified atmosphere packaging during cold storage. Journal of Sciences Food Agriculture.

Webographie

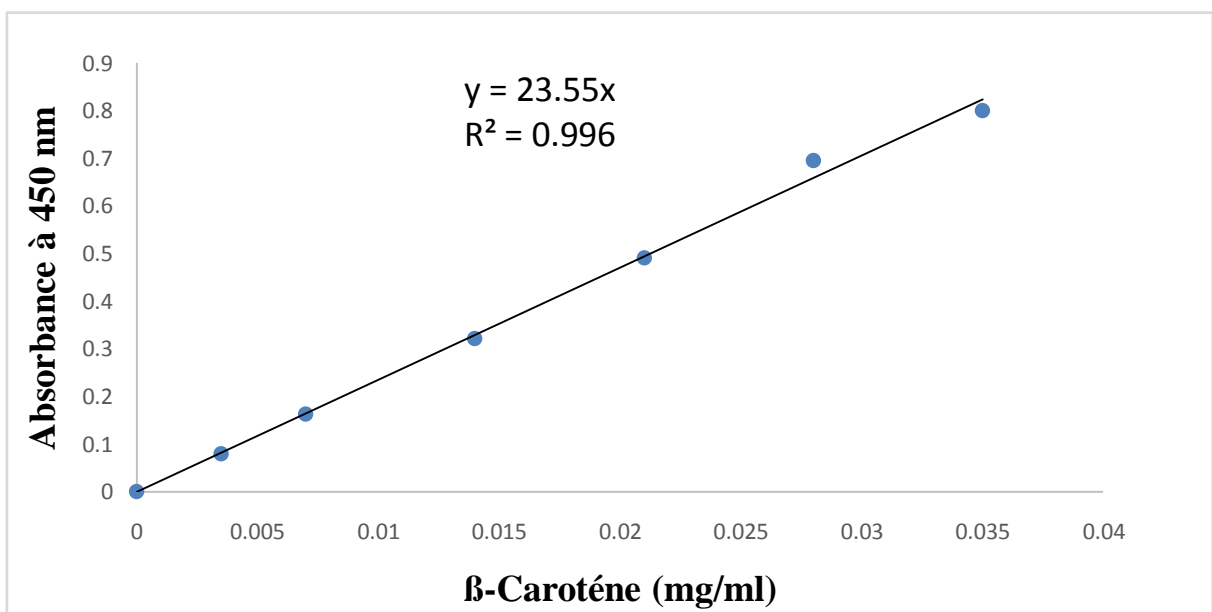
- Anonyme 1. Air products and chemicals. (2010). Solutions Freshline[®] pour l'agroalimentaire : conditionnement sous atmosphère modifiée. Air Products and Chemicals, Inc. (EU001076) 332-10-018-FR.
<http://www.airproducts.fr/~media/Files/PDF/industries/food/fr-freshline-solutions-for-bakery.pdf>. Consulté le 25/06/2018.
- Anonyme 2. Polypropylène. <http://www.plasticos-soriano.com/fr/materiaux/polypropylene/>. Consulté le 25/06/2018.

Annexes

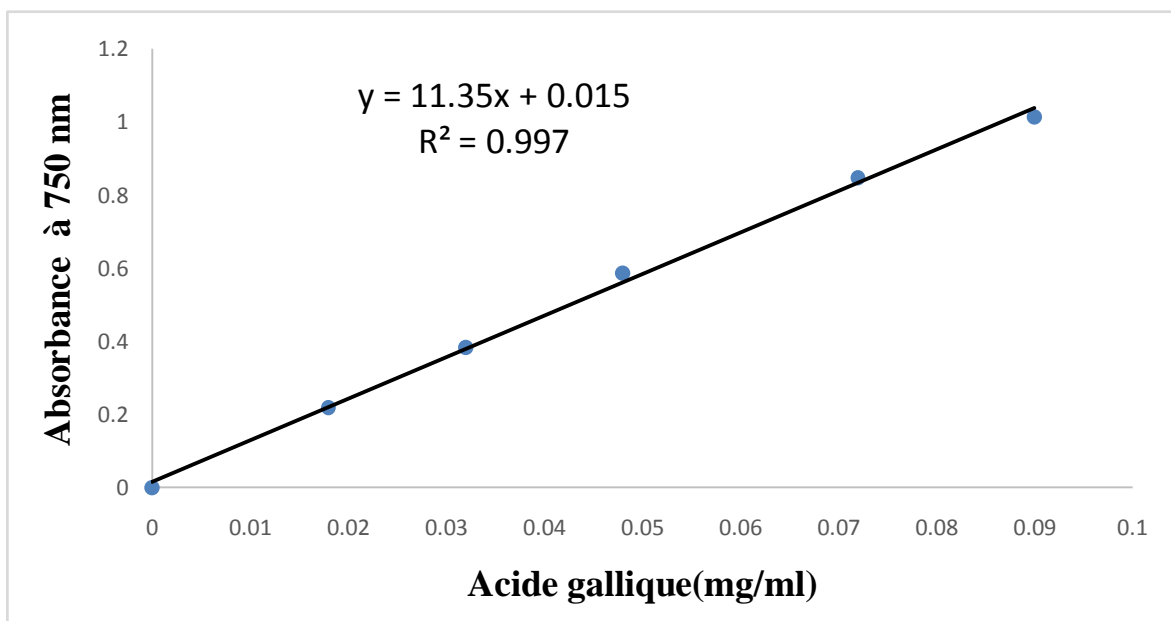
Annexe 1 : Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.



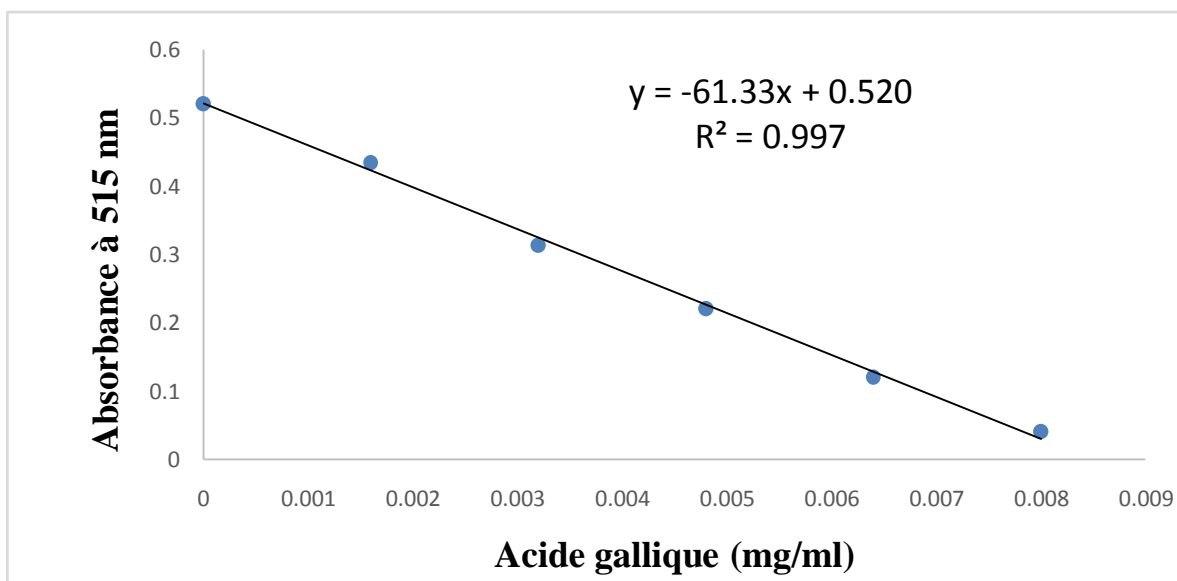
Annexe 2 : Courbe d'étalonnage des Caroténoïdes.



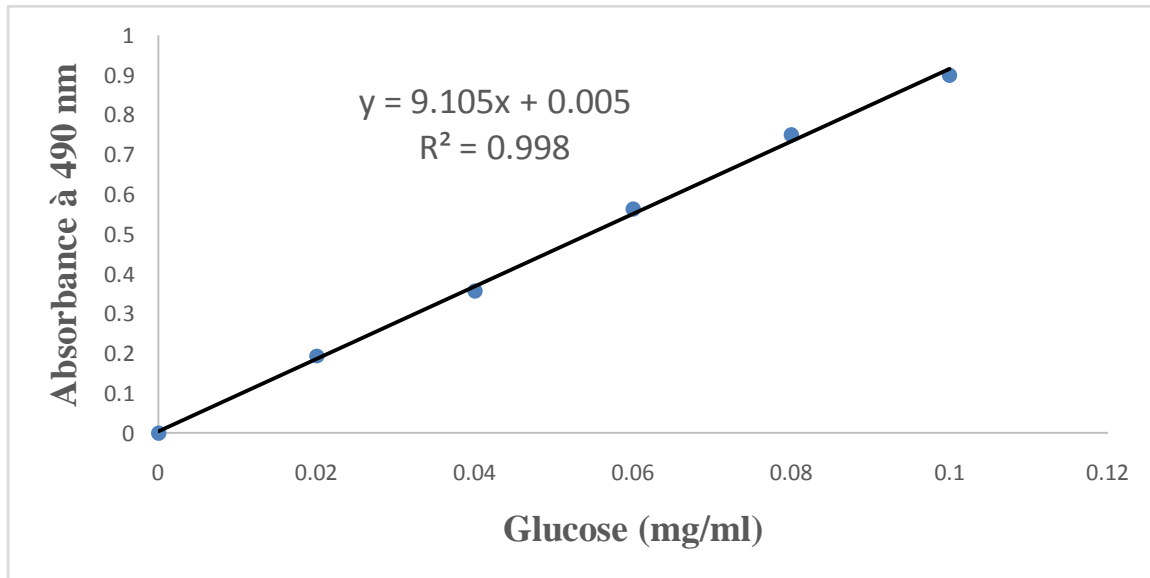
Annexe 3 : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques.



Annexe 4 : Courbe d'étalonnage d'activité antioxydante.



Annexe 5 : Courbe d'étalonnage des sucres totaux



Résumé

La figue (*Ficus carica*) fait partie des fruits les plus anciens connus par l'humanité, elle est présente et abondante sur le bassin méditerranéen. Il existe deux modes de consommation à savoir les figues fraîches et figues séchées. En Algérie ce fruit est principalement consommé tout au long de l'année sous sa forme séchée ce qui induit un délaissement des fruits des cultivars et/ou variétés qui ne se prêtent pas au séchage. L'objectif de cette étude est la prolongation de la qualité organoleptique de la figue fraîche en utilisant un emballage sous atmosphère contrôlée pour remédier à la rapidité de détérioration des valeurs commerciale et nutritionnelle des fruits (flétrissement, perte de fermeté, changement de couleur ainsi que la putréfaction). Le fruit du cultivar de l'étude est *Tahayount* fortement appréciée pour sa fraîcheur, son goût et sa texture. Aussi, il est réalisé un suivi de certains paramètres physico-chimiques (pH et acidité), sucres totaux et des composés bioactifs à savoir les polyphénols totaux, les caroténoïdes et acide ascorbique de fruits conservées sous atmosphère contrôlée (avec emballage PET perforé) associé à une réfrigération à 4°C durant 10 jours. Dans l'une des modalités, le $KMnO_4$ est utilisé en tant que piègeur d'éthylène. Les résultats obtenus dans les différentes modalités de la récolte au 10^{ème} jour de conservation montrent une évolution de l'acidité de 0.48 à 0,72 g/100 g MF, ainsi qu'une évolution de la teneur en caroténoïdes de 8,13 à 11.86 mg E β carotène/100 g MF. On note aussi une diminution des composés phénoliques et de la vitamine C d'une teneur de 311,15 à 305,65 EAG/100 g MF, de 7,8 à 5,4 mg/100 g MF respectivement et on constate également une diminution de la teneur en sucres totaux de 31,52 à 9 g EG/100 g MF. De plus, il est constaté que le fruit garde son aspect visuel durant les 10 jours de conservation. Sur la base des résultats obtenus, la technique utilisée en présence du $KMnO_4$ prolonge vraisemblablement la durée de conservation de la figue fraîche.

Mots clés : Figue de *Tahayount* ; Conservation ; Composé bioactifs ; Atmosphère contrôlée ; Réfrigération ; $KMnO_4$

Abstract

The fig (*Ficus carica*) is one of the oldest fruits known by humanity, it is present and abundant in the Mediterranean basin. There are two modes of consumption namely fresh figs and dried figs. In Algeria this fruit is mainly consumed throughout the year in its dried form which induces a neglect of the fruits of cultivars and / or varieties that can't be dried. The objective of this study is the prolongation of the organoleptic quality of the fresh fig using a controlled atmosphere packaging to remedy the speed of deterioration of the commercial and nutritional values of the fruits (wilting, loss of firmness, color change as well as putrefaction). The fruit of the cultivar of the study is *Tahayount* highly appreciated for its freshness, taste and texture. Also, it is carried out a follow-up of certain physicochemical parameters (pH and acidity), total sugars and bioactive compounds namely total polyphenols, carotenoids and ascorbic acid of fruits conserved under controlled atmosphere (with PET perforated packaging) associated with cold storage at 4°C for 10 days. One of the used modalities, $KMnO_4$ known as an ethylene scavenger. The results obtained from the harvesting day until the 10th day of storage show an evolution of the acidity of 0,48 to 0,72 g / 100 g FM, as well as an evolution of the carotenoid content of 8,13 to 11,86 mg E-carotene. /100 g FM. Also we noticed a decrease in phenolic compounds and vitamin C from 311,15 to 305,65 EAG / 100 g FM, 7,8 to 5,4 mg / 100 g MF respectively, and a decrease in the total sugar content from 31,52 to 9 g EG / 100 g FM. In addition, it is found that the fruit keeps its visual appearance during the 10 days of storage. On the basis of the results obtained, the technique used in the presence of $KMnO_4$ probably prolongs the shelf life of the fresh fig.

Key words: *Tahayount* fig; Conservation; Bioactive compounds; Controlled atmosphere; Cold storage; $KMnO_4$.

ملخص

يعتبر التين (*Ficus carica*) واحداً من أقدم الثمار التي عرفتها البشرية ، وهو موجود بشكل وفير في حوض البحر الأبيض المتوسط. هناك نوعان من أنماط الاستهلاك وهما التين الطازج والتين المجفف. في الجزائر، يتم استهلاك هذه الفاكهة بشكل رئيسي على مدار العام في شكلها المجفف الذي يحرض على إهمال ثمار الأصناف التي لا تصلح للتجفيف. والهدف من هذه الدراسة هو تمديد النوعية الحسية للتين الطازج باستخدام عبوة الغلاف الجوي المراقب لمعالجة التدهور السريع في القيم التجارية والغذائية للفاكهة (الذبول، وفقدان الحزم، وتغير اللون و التعفن). إن ثمرة صنف الدراسة هي تاحيونت التي تحظى بتقدير كبير لنكهتها وطعمها ونسيجها يتم توفير هناك رصد بعض المعلمات الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني والحموضة)، السكريات الكلية والمركبات النشطة بيولوجياً لجموعه البوليفينول، الكاروتينات وحمض الاسكوربيك). تم الاحتفاظ بالفاكهة في الغلاف الجوي المراقب (التغليف PET مثقب) بدعم بالتبريد عند 4 درجة مئوية لمدة 10 أيام. في واحدة من الطرائق ، يتم استخدام $KMnO_4$ لامتصاص الإثيلين. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها من يوم الجني إلى اليوم العاشر من التخزين تطور الحموضة من 0.48 إلى 0.72 غ/100 غ مادة حية ، بالإضافة إلى تطور محتوى الكاروتينات من 8.13 إلى 11.86 غ/100 غ مادة حي. وكان هناك أيضا انخفاض في المركبات الفينولية وفيتامين C مع محتوى 311.15-305.65 غ/100 غ مادة حية ، من 7.8 إلى 5.4 غ/100 غ مادة حية على التوالي، وهناك أيضا انخفاض في نسبة السكر الكلي من 31.52 إلى 9 غ/100 غ مادة حية. بالإضافة إلى ذلك ، نلاحظ أن الفاكهة تحافظ على مظهرها المرئي خلال 10 أيام من التخزين. على أساس النتائج التي تم الحصول عليها ، من المحتمل أن التقنية المستخدمة في وجود برمنجنات البوتاسيوم تطيل العمر الافتراضي للتين الطازج.

الكلمات المفتاحية: التين- تاحيونت -، التخزين، المركبات النشطة بيولوجية الغلاف الجوي المراقب، التبريد، برمنجنات البوتاسيوم