

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



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Développement de stratégie de valorisation de figue sèche
de basse catégorie : Cas de la production du vinaigre de
figue.**

Présenté par :

ZIANI KHODIR

Soutenu le : **22Juin 2017**

Devant le jury composé de :

Mme. Chougui N.

M^r. Bachir bey M.

M^r. Kati D.E.

MCA

MCB

MCA

Président

Examineur

Promoteur

Année universitaire : 2016 / 2017



Dédicaces



Louange à Allah, le tout puissant, l'omniprésent qui nous a aidés.

A la mémoire de mes grands parents « Tounes, Zahoua et Houcine » que dieu leur accordent sa sainte miséricorde et les accueille en son vaste paradis.

Mes très chers parents qui n'avaient ménagés aucun effort pour me donner une meilleure éducation, pour me guider avec rigueur mais aussi avec amour, ils ont été toujours présents devant moi par leur amour, leur persévérance, leur soutien et exhortation. Toutes les expressions ne suffisent pas pour exprimer ma gratitude.

A mon frère "Lounes" lui souhaitant une bonne réussite dans sa vie.

A mes sœurs Hamida, Keltoum, Saida, Siham leur souhaitant tout le bonheur du monde.

A ma très chère fiancée souhila

A mes oncles et tantes.

A mes cousins et cousines.

A toute la famille (ZIANI)

A toutes mes amis (es)

*Pour ceux que j'aime et qui ce reconnaissent,
A vous tous, je vous dédie ce modeste travail.*

Khodir



Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes vifs et sincères remerciements à :

- **Mr KATI D.E.**, mon promoteur, pour son aide, sa disponibilité et ses bons conseils. Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et veuillez trouver ici l'expression de ma profonde et respectueuse gratitude.
- **Mme CHOUGUI N.**, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.
- **Mme SMAIL L.**, d'avoir accepté d'examiner ma soutenance.
- **Mr BACHIR BEY**, pour son aide au laboratoire.
- **L'université de Bejaia**, de m'avoir donné la chance d'intégrer le Master II.
- **A tous les gents du laboratoire de biochimie**, techniciens, doctorants et doctorantes

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont soutenu et qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci.

Table des matières

Liste des figures

Figure I.1 : Coupe transversale d'une figue.....3
Figure 1 : photographie de la figue sèche variété « *Tamériout* ».....10
Figure 2 : Photographie de l'appareillage de mesure de la teneur en alcool.....16
Figure 3 : Dispositif de la fermentation alcoolique.....17
Figure 4 : Dispositif de la fermentation acétique.....18
Figure 5 : Les étapes de fabrication du vinaigre.....19
Figure IV-1 : Evolution du pH au cours de la fermentation.....27
Figure IV-2 : Evolution du taux solide soluble.....28
Figure IV-3 : Evolution du taux d'alcool au cours de la fermentation.....29
Figure IV-4 : Evolution de l'acidité titrable au cours de la fermentation.....30

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Production des figues en tonnes des principaux pays dans le monde.....4

Tableau I.2 : Composition de la figue fraiche et sèche en éléments nutritionnels.....5

Tableau IV.1 : Caractéristiques physique de la figue sèche étudiée.....20

Tableau IV.2 : Caractéristiques physicochimiques de la figue sèche étudiée.....21

Tableau IV.2 : Caractéristiques microbiologique de la figue sèche étudiée.....25

Tableau IV.3. Caractéristiques physicochimiques du moût de fermentation.....26

Tableau IV.4 : Caractéristiques physicochimiques des vinaigres obtenus..... 31

Tableau IV.5 : Corrélation entres les différents paramètres physicochimiques de la fermentation.....32

Tableau IV.6 : Caractéristiques microbiologique des vinaigres obtenus.....33

Liste des abréviations

%Vol : Pourcentage volumique

°Brix : Degré Brix

EAG: Equivalent acide gallique

EGG : Equivalent gramme glucose

FI : Fermenteur I

FII : Fermenteur II

FIII : Fermenteur III

g: gramme

J : Jour

Kcal: kilocalorie

MF: Matière fraîche

mg: milligrammes

ml : millilitre

MS: Matière sèche

TSS : Taux solide soluble

Ufc : Unité formant colonie

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

Synthèse bibliographique

Chapitre I

I. Figue et figuier.....	3
I.1. Description.....	3
I.1.1. Description du figuier.....	3
I.1.2. Description de la figue.....	3
I.2. Le verger figuicole Algérien.....	4
I.3. Production de la figue.....	4
I.4. Composition et valeur nutritive.....	5
I.5. Problèmes liés au secteur figuicole algérien.....	6
I.6. Valorisation de la figue.....	6

Chapitre II

II. Le vinaigre.....	7
II.1. Définition et réglementation.....	7
II.2. Les différents types du vinaigre et les matières premières utilisées.....	7
II.3. Technologie du vinaigre.....	8
II.3.1. La méthode orléanaise.....	8
II.3.2. La méthode allemande.....	8
II.3.3. La fabrication industrielle.....	9
II.4. Composition physicochimique du vinaigre.....	9
II.5. Les utilisations du vinaigre.....	9

Partie expérimentale

III-1- Matériel végétal.....	10
III-1-1- Choix de la variété.....	10
III-1-2- Caractérisation morphologique.....	10
III-1-3-Analyses physicochimique de la figue sèche et du moût de fermentation.....	10

III-1-3-1- Détermination de la teneur en eau.....	10
III-1-3-2- Détermination du pH	11
III-1-3-3- Détermination de l'acidité.....	11
III-1-3-4- Détermination de la teneur en cendres.....	13
III-1-3-5- Détermination de la teneur en sucres totaux.....	13
III-1-3-5-1-Préparation des échantillons.....	13
III-1-3-5-2- Dosage proprement dit.....	13
III-2-3-6-Détermination du taux solide soluble (TSS ou °Brix).....	14
III-2-3-7- Détermination des poly phénols totaux.....	14
III-2-3-8- Détermination de la teneur en alcool.....	15
III-2- Analyse microbiologique.....	15
III-3- Essai de fabrication artisanale de vinaigre.....	16
III-3-1- Description du procédé de fabrication.....	16
III-3-1-1-Modalisation des récipients de fermentation.....	16
III-3-1-2- Préparation du moût de fermentation.....	18
III-3-1-3- Ensemencement par la levure.....	18
III-3-2- Mise en Œuvre du procédé de fabrication.....	19

Résultats et discussions

IV-1-Caractéristiques de la matière première (Figue sèche variété <i>Tamériout</i>).....	20
IV-1-1-Caractéristiques morphologiques de la figue sèche.....	20
IV-1-2-Caractéristiques physicochimiques de la figue sèche.....	21
IV-1-2-1-Teneur en eau.....	22
IV-1-2-2-Taux du solide soluble (TSS ou °Brix).....	22
IV-1-2-3-Teneur en sucres totaux.....	23
IV-1-2-4-Taux de cendre.....	23
IV-1-2-5-Acidité titrable.....	23
IV-1-2-6-pH.....	23
IV-1-2-7-Teneur en poly-phénols totaux.....	24
IV-1-3-Caractéristiques microbiologique de la figue sèche.....	24
IV-2-Essais de fabrication artisanale de vinaigre à partir de figue sèche.....	26
IV-2-1- Caractéristiques physicochimique du moût de fermentation.....	26
IV-2-2- Suivi de la cinétique de la double fermentation.....	26
IV-2-2-1- Evolution du pH.....	27

IV-2-2-2-Evolution du taux solide soluble	28
IV-2-2-3-Evolution du taux d'alcool	29
IV-2-2-4- Evolution de l'acidité titrable	30
IV-3- Paramètres physico-chimique des vinaigres obtenus.....	31
IV-4- Etudes des corrélations entre les différents paramètres de la fermentation.....	32
IV-5- Control microbiologique du vinaigre obtenu.....	32
Conclusion.....	34
Références bibliographiques	
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

La figue est le fruit du figuier, un arbre de la famille des Moracées, qui est l'emblème du bassin méditerranéen, ou sa culture et son utilisation constituent une ancienne tradition.

En effet, le figuier appartient aujourd'hui avec l'olivier et la vigne à la trilogie des plantes traditionnelles de la culture méditerranéenne.

Ce fruit millénaire, présent en Algérie, a accompagné, nourri et donné beaucoup de plaisir à nos aïeux. De part le potentiel nutritif qu'elle recèle, la figue a constituée depuis l'antiquité, non seulement un aliment de base des populations méditerranéennes mais aussi un produit diététique.

En Algérie, la culture du figuier est ancestrale ; cette espèce fruitière s'accommode presque à tous les étages bioclimatique algérien. Elle occupe ainsi une superficie de 46331 ha (FAO, 2013). La majorité de la production est fournie par les régions de montagne de Kabylie (Bejaia, Tizi-Ouzou et Sétif) qui détiennent respectivement : 34%, 23% et 13% de l'effectif total des arbres. Selon les statistiques de la FAO (2013), l'Algérie détient 10,91% de la superficie mondiale et avec une production 120187 tonnes de figue, elle se situe entre les cinq premiers producteurs de figue dans le monde.

Au niveau variétal, c'est une espèce qui présente une grande diversité génétique. En effet, un nombre très important de variétés a été recensé par Condit (1955) dans sa publication « fig. variétés a monograph » ou il a décrit pas moins de 600 variétés (Bouzidi, 2012).

Les variétés autochtones sont très nombreuses plus ou moins identifiées avec différentes appellations suivant les zones et les localités.

Vu que la durée de vie des figues fraîches est très courte, elle est de deux jours à température ambiante et peut y aller jusqu'à 10 jours si elles sont conservées entre 0 et 2°C. Compte tenu du fait que les figues sont fortement périssables ce qui limite le stockage pendant de longues périodes, la majeure partie de la production est destinée au séchage (Meziant, 2014).

Bien que la catégorie de figue de qualité inférieure trouve d'autres utilisations (essentiellement en tant qu'aliment de bétail), il est de plus en plus constaté une diversification de la valorisation de cette dernière (Smaili et al., 2016).

La valorisation de ces produits est une manière de sauvegarder le patrimoine génétique des régions. Ainsi le développement et la promotion des différents produits du terroir est une alternative prometteuse pour le développement local.

Dans cette optique le travail réalisé dans le cadre de cette étude, consiste à une valorisation de la figue sèche de faible valeur marchande dans la production artisanale du vinaigre.

Le présent travail porte sur deux parties essentielles :

La première est consacrée à la caractérisation morphologique, physicochimique et microbiologique de la figue sèche de variété « *Tamériout* ».

La seconde consiste en un essai de production du vinaigre traditionnel à partir de la figue sèche « *Tamériout* », et un suivi d'un certains nombre de paramètres tel que le pH, l'acidité, le taux solide soluble, l'alcool...

Etude bibliographique

I. Figue et figuier

La figue, fruit du figuier commun (*Ficus carica* L.). Une espèce caractéristique des zones méditerranéennes ou sa culture et son utilisation constituent une ancienne tradition.

En Algérie c'est une culture revêtant une importance sociale et économique fondamentale, d'autant plus qu'elle a joué dans le passé un rôle dans la sédentarisation de la population (Bouzidi L., 2012).

I.1. Description

I.1.1. Description du figuier

Le figuier est un arbre fruitier appartenant à l'ordre des Rosales et la famille des Moraceae, renfermant plus de 1400 espèces classées dans environ 40 genres (Watson et Dallwitz, 2004), sa taxonomie donnée par Joseph et Justin Raj (2011) est la suivante :

Règne : *Végétale* ; Embranchement : *Magnoliophyta* ; Classe : *Magnolipsida* ;

Ordre : *Moraceae* ; Genre : *Ficus* ; Espèce : *F. carica*.

Selon Meziant L. (2014), Codex alimentarius (2006), la seule espèce qui produit des fruits comestibles est le figuier commun appartenant à l'espèce *Ficus carica*.

Au niveau variétal, le figuier Algérien se caractérise par un panache de variétés locales plus ou moins identifiées avec différentes appellations suivant les zones et les localités (Hadj Sahraoui, 2014).

I.1.2. Description de la figue (fruit du figuier)

La figue n'est pas au sens botanique du terme un fruit ; il s'agit en fait d'un réceptacle charnu, le synconium, qui contient les fleurs, et qui à maturité est comestible.

La figue est composée d'une pellicule (peau ou épiderme), une pulpe composée d'un réceptacle contenant les graines (akènes), un ostiole (œil ou opercule) et un pédoncule (Figure I-1).

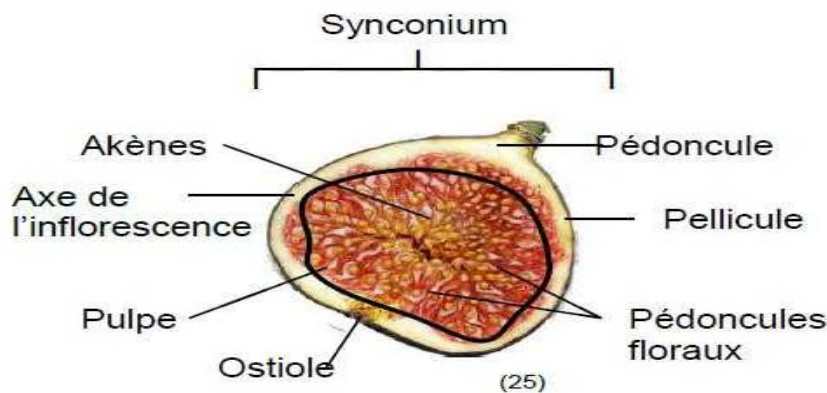


Figure I-1- Coupe transversale d'une figue (Haesslein et Oreiller, 2008)

I.2. Le verger figuicole Algérien

En Algérie, la culture du figuier est ancestrale ; cette espèce fruitière s'accommode presque à tous les étages bioclimatique algériens. Elle occupe ainsi une superficie de 46331 ha (FAO STAT, 2013). La majorité de la production est fournie par les régions de montagne de Kabylie (Bejaia, Tizi-Ouzou et Sétif) qui détiennent respectivement : 34%, 23%, 13% de l'effectif total des arbres. Selon les statistiques de la FAO (2013), l'Algérie détient environ 12% de la superficie mondiale et occupe la quatrième place.

Bien que notre patrimoine figuicole recèle une grande diversité variétale. Cette espèce fruitière se trouve marginalisée à cause de non valorisation des productions de la figueraie.

Cette situation a engendré une régression des superficies figuicole. La préférence des agriculteurs est pour des cultures qui assurent des rendements élevés donc beaucoup plus rémunératrices.

I.3. Production de la figue

La production mondiale de figue est d'environ un million de tonnes soit 1101697 en 2011 (FAO STAT, 2013).

Le premier producteur mondial en figues est la Turquie avec une production moyenne de 260508 tonnes soit environ 25% de la production mondiale ; suivi de l'Égypte, Algérie et le Maroc voir tableau I-1

**Tableau I-1- Production des figues en tonnes des principaux pays dans le monde
(FAOSTAT. 2013)**

Pays	Production par tonnes
Turquie	260508
Égypte	165484
Algérie	120187
Maroc	114770
Iran	75927
Syrie	42944
Espagne	28993
Brésil	26233
Tunisie	26000
Albanie	19600

I.4. Composition et valeur nutritive

La figue (fraîche ou séchée), ce fruit millénaire, a accompagné, nourri et a donné beaucoup de plaisirs à nous aïeux. La figue a une grande importance en nutrition, vue sa teneur importante en glucides, fibres alimentaire, acide aminés essentiels, composés phénoliques, minéraux et vitamine A, B1, B2 et C. à l'état frais la figue renferme en moyenne 80% d'eau 13% de sucre. Après séchage, les sucres dépassent 55%, elle est donc très énergétique (El Khaloui, 2010).

Voir tableau de la composition et valeur nutritive

Tableau I.2. Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels

(Composition moyenne pour 100 g net*) (Favier et al., 1993).

Constituants	Figue fraîche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54	224
Eau (g)	79,5	25
Glucides (g)	13	53
Protéines (g)	0,9	3,2
Lipides (g)	0,2	1,2
Fibres (g)	2,3	8
Vitamine C (mg)	5	1
Vitamine A (mg)	0,046	0,08
Vitamine B1 (mg)	0,05	0,08
Vitamine B2 (mg)	0,05	0,09
Vitamine PP (mg)	0,46	0,80
Vitamine B5 (mg)	0,30	0,44
Vitamine B6 (mg)	0,11	0,22
Calcium (mg)	60	160
Potassium (mg)	232	770
Sodium (mg)	3	14
Phosphore (mg)	23	71
Magnésium (mg)	18	62
Fer (mg)	0,78	2,5

I.5. Problèmes liés au secteur figuicole algérien

Le verger figuicole algérien avec près de 5 million d'arbres se maintient encore parmi les principales espèces fruitières du pays et constitue plus de 10% du patrimoine arboricole national. En 1988, il représentait plus de 50% des espèces rustiques autres que l'olivier.

Cette régression des superficies et des rendements est due à plusieurs facteurs :

- ❖ La fréquence des incendies qui ravage chaque année des centaines d'hectares.
- ❖ En grande partie le verger figuicole vieillit et peu reproductif
- ❖ Manque de moyens, matériels, et non maîtrise des techniques culturales.
- ❖ La préférence des agriculteurs pour des cultures qui assurent d'importants rendements et beaucoup plus rémunératrice.
- ❖ Abandon de l'activité agricole.
- ❖ Le changement des habitudes alimentaires de la population locale a plongé la culture du figuier dans des problèmes divers.

I.6. Valorisation de la figue

Les produits du terroir sont le résultat d'un ensemble d'interactions entre les communautés humaines (savoirs faire, culture....) et l'espace géographique (sol, climat, ressources naturelles...). Ils sont qualifiés d'authentiques car leur fabrication nécessite un savoir faire local et des compétences régionales qui se transmettent de génération en génération, ils résultent donc d'une longue tradition.

La valorisation de ces produits est une manière de sauvegarder le patrimoine génétique des régions. Ainsi le développement et la promotion des différents produits de terroir est une alternative prometteuse pour le développement local qui est basé sur la capacité des acteurs locaux à mener une stratégie efficace d'innovation et de partenariat pour valoriser et promouvoir les produits du terroir.

De ce fait la transformation de la figue pour la production d'autres produits typiques et innovants constitue une bonne initiative, et parmi ces produits on a :

- ❖ La figue sèche
- ❖ Confiture de figue
- ❖ Café de figue
- ❖ La pâte de figue
- ❖ Le vinaigre de figue

II. Le vinaigre

Le vinaigre a été connu par la plupart des anciennes civilisations. Il est utilisé comme condiment, comme agent de conservation ou, dilué dans l'eau, comme boisson. Il est aussi antique que l'utilisation du vin qui remonte à plus de 10000 ans puisqu'il s'agit d'une maladie du vin. Les babyloniens l'ont fabriqué, 5000 ans avant J-C., à partir du vin de palme (Bourgeois et Larpent, 1996).

Pasteur fut le premier à démontrer en 1868 que l'acide acétique provenait bien de l'oxydation de l'éthanol par des microorganismes, à qui il proposa le nom de *Mycoderma aceti* (Bourgeois et Larpent, 1996). Hansen a démontré en 1879 la présence de plusieurs espèces bactériennes. Beijerinck proposa en 1899 le nom du genre *Acetobacter* (Bourgeois et Larpent, 1996).

II.1. Définition et réglementation

Le vinaigre, étymologiquement de vin et aigre, c'est un vin rendu aigre par le développement de bactéries acétiques ; par extension, on a appelé vinaigre tout produit obtenu par la fermentation acétique de boissons ou des dilutions alcoolique (Bourgeois et Larpent, 1996).

Selon FAO (1987), le vinaigre est un liquide adapté pour consommation humaine ; produit à partir du matériel approprié d'origine agricole, renfermant dans sa composition de l'amidon et/ou des sucres, il contient une quantité indiquée d'acide acétique obtenue par le processus de la double fermentation, alcoolique et acétique (Tesfaye et al., 2002).

Dans la législation française, la dénomination « vinaigre » est réservée aux produits obtenus par fermentation acétique de boissons ou dilution alcooliques et renferment au moins 6% d'acide acétique (décret du 28 juillet 1908 modifié par le décret du 28 mars 1924).

La fabrication de vinaigre est due aux bactéries acétiques « *Acétobacter* » (Guiraud, 1998).

De même le Codex Alimentarius, la législation algérienne exige une teneur minimale d'acide acétique de 6% pour le vinaigre de vin et 5% pour les autres vinaigres (Journal officiel algérien, 1998).

II.2. Les différents types du vinaigre et les matières premières utilisées

La tendance de consommation à l'échelle mondiale va vers les produits biologiques et de terroir. Bien que le vinaigre soit un produit mondial, ses variétés diffèrent selon les régions. De nos jours, les variétés traditionnelles du vinaigre, particulières à des marchés régionaux font leur entrée sur le marché mondial en tant que produits nouveaux et novateurs dont on commercialise les bienfaits pour la santé et les utilisations multiples (Anonyme, 2007).

Selon Bourgeois et Larpent (1996), la différence entre ces vinaigre est liées principales aux matières premières de départ, nous pouvons citer :

- ❖ **Vinaigre d'alcool ou blanc** : Il est produit en grande quantité, utilisant comme matière première l'alcool pur dilué.
- ❖ **Vinaigre de vin** : Dans les pays producteurs de vin, c'est généralement les vins de table de faible degré ou ayant un début de piqure acétiques qui servent de matière première.
- ❖ **Vinaigre de bière ou de malt** : Produit dans les pays anglo-saxons.
- ❖ **Vinaigre de produits amylacés** : Qui nécessite une étape de saccharification de l'amidon afin d'avoir des sucres fermentescibles.
- ❖ **Vinaigre des jus de fruits** : Dans chaque pays producteur d'un fruit donné, son vinaigre correspondant est généralement fabriqué tel que : le vinaigre de pamplemousses, de Kiwi, de Mangue, de citron, de cidre, de date...

II.3. Technologie du vinaigre

Le vinaigre est le résultat d'une double fermentation, alcoolique et acétique. Il existe différents procédés de fabrications tels que la méthode orléanaise se pratiquant à l'aide de tonneaux en cascade (on ajoute régulièrement du vin dans le tonneau supérieur, et l'on soutire simultanément le vinaigre du tonneau inférieur). Une autre méthode, Allemande, est connue sous le nom de procédé des copeaux de hêtre.

II.3.1. La méthode orléanaise

Parmi les techniques traditionnelles d'élaboration du vinaigre, la méthode orléanaise est la plus connue et reconnue parce qu'elle donne les meilleurs vinaigres. La transformation se fait par une fermentation naturelle de surface. Le vin n'est pas brassé et ne subit aucun ajout de ferments ou autres accélérateurs d'oxydation.

Toutefois, cette méthode présente l'inconvénient de ne pouvoir produire que des petites quantités. Mais, un vinaigre d'excellente qualité (Chapin S., 2011).

II.3.2. La méthode allemande

C'est aussi un procédé naturel de fabrication du vinaigre. C'est une méthode plus récente que la méthode orléanaise. Elle sert principalement à faire du vinaigre d'alcool ou parfois du vinaigre de bière. Avec ce procédé le liquide à acétifier ruisselle de façon continue sur une masse de copeaux de hêtre contenus dans de grandes cuves. De plus l'air y circule à contre courant. L'utilisation de copeaux de hêtre, qui est un bois poreux,

permet aux bactéries de s'infiltrer en plus grande quantité et donc de s'y développer à la surface. Leur action est accélérée par la circulation du moût et son oxygénation (Chapin S., 2011).

II.3.3. La fabrication industrielle

C'est un procédé par immersion avec injection d'oxygène. Cette méthode est résolument la plus moderne et la plus répandue dans le monde (Chapin S., 2011). La ferment acétique n'est plus répandu à la surface du vin mais immergé.

II.4. Composition physicochimique du vinaigre

La composition d'un vinaigre est intimement liée à la matière première de départ. L'acide acétique constitue son composant majoritaire avec des concentrations dépassant généralement 45g/l. selon le type du vinaigre, les composants particuliers se présentent en quantités différentes. Les critères de différenciation sont, entre autres, les taux en extrait sans sucre, en sorbite, en acétoïne, en acide lactique, en acide tartrique, ou en lactose (Matheis et al., 1995).

II.5. Les utilisations du vinaigre

Le vinaigre ne contient pas de protéines, de matières grasses, de vitamines et de glucides. Il est très peu calorique, sur le plan sanitaire, le vinaigre n'est pas un aliment dangereux en raison de son acidité (Boukharia, 2009).

Les utilisations culinaires du vinaigre sont nombreuses. Il est souvent aromatisé avec des herbes, des épices et d'autres ingrédients pour en faire des vinaigrettes. Il est de même, utilisé pour faire des sauces, des marinades et des sauces pour salade. Le vinaigre est un condiment par lui-même il est utilisé lors de la macération des légumes et ajouté aux moutardes, aux ketchups et aux mayonnaise (Bourgeois et larpent, 1996 ; Anonyme, 2007).

Partie expérimentale

III-1- Matériel végétal

III-1-1- Choix de la variété

Au niveau variétal, le figuier se caractérise par un panache de variétés locales plus ou moins identifiées avec différentes appellations suivant les zones et les localités. Les peuplements sont constitués de variétés unifères à dominantes *Tamériout* orientée principalement à la production de figues sèches (Hadj Sahraoui, 2014).

De ce fait la variété de figue sèche retenue dans la présente étude est la variété *Tamériout* qui est une variété très répandue dans le figuier algérien notamment dans la région de Bejaia.



Figure 1 : Photographie de la figue sèche variété « *Tamériout* »

III-1-2- Caractérisation morphologique

La couleur a été appréciée visuellement. Par contre la consistance est déterminée au touché. En ce qui concerne le poids de la figue sèche, les dommages dus aux insectes, fruit brûlés par le soleil, fruits fendus ou déchirés, fruits desséchés, fruits moisissés ou fermentés et la présence de matières étrangères ont été déterminées sur un échantillon de 1000g selon la norme CEE-ONU DDP-14.

III-1-3-Analyses physicochimique de la figue sèche et du moût de fermentation

III-1-3-1- Détermination de la teneur en eau (AOAC N° 920.151)

La détermination du taux d'humidité est faite par séchage d'une aliquote de 5g de figue sèches dans une étuve à 105 °C pendant 24h, et le taux d'humidité est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

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

Ou, M_1 est la masse de la capsule plus la figue sèche avant étuvage (g), M_2 est la masse de la capsule plus figue sèche après étuvage (g), et P est la masse de la prise d'essai (g).

$$\text{Matière sèche (\%)} = 100 - H (\%)$$

III-1-3-2- Détermination du pH (NF V 05-108,1970)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une des variables utilisées pour caractériser les propriétés des milieux. Relativement facile à mesurer, le pH est utilisé dans de nombreux domaines comme variable opératoire, caractérisation du produit fini ou encore a des fins de contrôle de qualité.

De nombreuses études se sont attachées à corrélérer sa valeur à des lois cinétiques de réactions, des qualités organoleptiques de produits ou encore des activités enzymatique (Akin, 2008).

Cas de la figue sèche : Une quantité de figue sèche préalablement broyée est additionnée d'au moins de deux ou trois fois son volume d'eau distillée dans un bécher. Un chauffage pendant 30 mn avec agitation est réalisé dans un bain-marie (Boukharia, 2009).

On procède à la détermination du pH par lecture directe sur le pH mètre du type BANTE instrument en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

Cas du moût de figue sèche ou moût de fermentation : La détermination du pH est essentielle pour le contrôle du moût de la fermentation microbienne.

La variation du pH renseigne sur l'activité métabolique dans le mout et les transformations biochimiques qui peuvent avoir lieu (Benahmed, 2007).

La détermination du pH s'effectue par une lecture directe sur un échantillon préalablement centrifugé ou filtré à l'aide d'un pH mètre de type (BANTE instruments, Précision pH/ORP Mètre 920).

III-1-3-3- Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974)

Le titrage de l'acidité est réalisé à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphthaléine comme indicateur.

Cas de la figue sèche : Une aliquote de 25 g de figues sèches finement coupées ou broyées sont placés dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillée, puis on chauffe le contenu au bain-marie pendant 30 mn. On transvase, après refroidissement, quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 ml et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après avoir bien mélanger le contenu est filtré à travers du papier filtre.

En prélève 25 ml du filtrat, on les verse dans un érlen ; on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine, on titre par une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante.

L'acidité titrable est exprimée en gramme d'acide acétique pour 100 g de produit :

$$A \% = \frac{(250 \times V_1 \times 100)}{(m \times V \times 10)} \times 0,06 = 150 \times \frac{V_1}{m \times V}$$

Où m est la masse de la prise d'essai (g), V est le volume du filtrat pris pour le titrage (ml), V_1 est le volume de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N utilisé (ml) et 0,06 est le facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide acétique.

Cas du moût de fermentation : Après homogénéisation, l'échantillon prélevé est filtré a travers un papier filtre. On prélève a l'aide d'une pipette de 25 ml du filtrat, on les verse dans une fiole jaugée de 250 ml et on complète jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée.

On titre avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N en présence d'un indicateur coloré qui est la phénolphtaléine.

L'acidité titrable est exprimée en grammes d'acide acétique pour 100 ml de produit :

$$A \% = \frac{(250 \times V_1 \times 100)}{(V_0 \times V \times 10)} \times 0,06 = 150 \times \frac{V_1}{V_0 \times V}$$

Où V est le volume de la prise d'essai (ml), V_0 est le volume du filtrat pris pour le titrage (ml), V_1 est le volume de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N utilisé (ml).

III-1-3-4- Détermination de la teneur en cendres (NF V05-113,1972)

La détermination du taux de cendres basées sur le principe de l'incinération, dans des conditions strictement définies, d'une masse connue d'échantillon. Lorsque l'incinération est totale, il ne reste, dans les nacelles, que les cendres. Le rapport de la masse des cendres à la masse de la prise d'essai comptée en matière sèche constitue le taux de cendre (Godon et al,

1997). Une aliquote (5g) de figue sèche est calcinée a 550 °C dans un four a moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant.

Le pourcentage de la matière organique **MO** est donné par la formule suivante :

$$\text{MO (\%)} = \frac{(M_1 - M_2)}{P} \times 100$$

Ou **M₁** est la masse de la capsule + prise d'essai (g), **M₂** est la masse de la capsule + cendres et **P** est la masse de la prise d'essai (g).

La teneur en cendre (Cd) est calculée comme suite :

$$\text{Cd (\%)} = 100 - \text{MO}$$

III-1-3-5- Détermination de la teneur en sucres totaux

La détermination des sucres totaux a été réalisée par la méthode Dubois et coll. (1956) décrite par Multon (1991).

III-1-3-5-1-Préparation des échantillons

Cas de la figue sèche : Les sucres sont extraits en utilisant de l'éthanol à 80% suivant la procédure de Kader et al. (1993). Une aliquote de 0,1 g d'échantillon de figue sèche est mélangée avec 15 ml de solvant puis incubée au bain-marie a 95 °C pendant 15 mn ; le surnageant est récupéré par centrifugation a 5000rpm/10 mn.

Cas du moût de fermentation : Après homogénéisation, un échantillon du moût est prélevé, puis filtré ou centrifugé, ensuite on procède à une dilution convenable.

III-1-3-5-2- Dosage proprement dit

Dans des tubes a essais très propre, on introduit 1 ml de la solution à doser contenant de 10 a 70 µg d'oses totaux, puis 1 ml de la solution de phénol à 5%. Les tubes sont soigneusement agités, puis 5 ml d'acide sulfurique concentré sont ajoutés. La température atteint alors environ 110 °C. Après une agitation rapide (agitateur vortex), les tubes sont maintenus pendant 5 mn à

100 °C. Après un séjour de 30 mn à l'obscurité, les mesures d'absorbance sont effectuées à 490 nm (Multon, 1991).

Les résultats sont exprimés en mg équivalent glucose par 100 g de matière sèche (MS) en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec du glucose.

III-1-3-6-Détermination du taux solide soluble (TSS ou °Brix) (NF V 05-109,1970)

Le Brix (%) exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon (solution aqueuse). Le contenu des solides soluble représente le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, alcool, les sels, protéines, acides, etc. et la mesure lue est leur somme totale.

Cas de la figue sèche : On pèse 10 à 20 g du produit finement découpé dans un bécher de 250 ml, préalablement taré. On ajoute une quantité d'eau distillée égale ou supérieure à cinq fois la masse du produit. On chauffe au bain-marie pendant 30 mn en remuant de temps en temps. Après refroidissement, on ajuste le volume du contenu avec de l'eau distillée. On mélange avec soin. Après une attente de 20 minutes, on filtre ou on centrifuge l'échantillon, puis on détermine le taux de résidu sec soluble par refractomètre du type « ATC »

Cas du jus de figue sèche et du moût de fermentation : Après filtration ou centrifugation, quelques gouttes de jus ou de moût de fermentation sont versées sur le prisme de l'appareil est tournée ensuite vers une source de lumière et la lecture est faite sur l'échelle l'oculaire, à l'intersection des zones claire et sombre.

III-1-3-7- Détermination des polyphénols totaux par la méthode de Folin- Ciocalteu

➤ Préparation des extraits

0,2 g de la pâte de figue sèche sont introduits dans un tube à essai puis additionné de 10 ml d'acétone à 60%. Le tube est incubé dans un bain-marie à 40 °C pendant 2 heures. Le mélange a été centrifugé à 5000 tpm/10mn puis filtré (Bachir Bey et al., 2013).

➤ Dosage proprement dit

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé suivant la méthode de Singleton et Rossi (1965). Un volume de 750 µl de réactif de Folin –Ciocalteu (1/10) a été ajouté à 200 µl d'extrait, puis 400 µl de solution de carbonate de sodium (75g/l) ont été ajoutés. Ensuite, le mélange a été placé pendant 15 mn au bain marie à 50 °C. Après refroidissement l'absorbance a été mesurée à 720

nm, avec de l'eau distillée comme blanc. Une droite d'étalonnage a été réalisée avec l'acide gallique. La concentration en poly phénols a été exprimée en gramme par litre d'extrait équivalent acide gallique (g/l EqAG) (Fok et al., 2013).

III-1-3-8- Détermination de la teneur en alcool

La teneur en alcool peut être déterminée de plusieurs façon : par pycnomètre, aérométrie, ébulliométrie, méthode enzymatiques, CPG et dosage chimique.

Actuellement il existe des méthodes rapides pour la détermination de la teneur en alcool, a l'aide d'instrument dédié à cet effet, ainsi dans notre étude le taux d'alcool a été déterminé a l'aide d'un appareillage appelé FermentoFlash FUNKE GERBER (voir image).

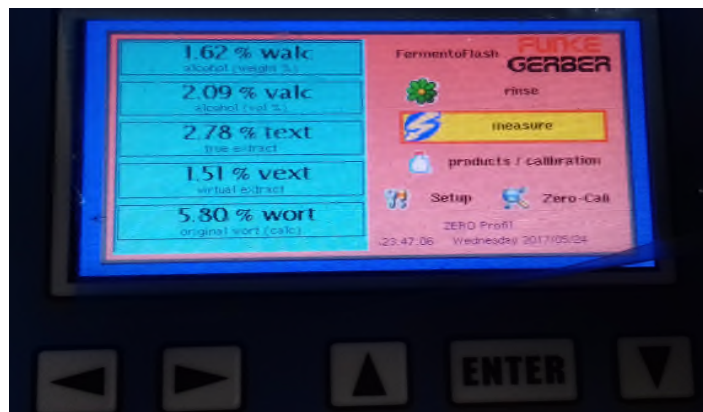


Figure 2 : Photographie de l'appareillage de mesure de la teneur en alcool

III-2- Analyse microbiologique

Cas de la figue sèche : les fruits présentent une grande variabilité de flore bactérienne.

Dans notre étude on va s'intéresser à la détermination de la flore totale sur milieu PCA, levures et moisissures sur milieu saburraux, bactéries acétiques sur milieu Frateur.

Cas du vinaigre : Le vinaigre subit rarement une analyse microbiologique, car sur le point sanitaire il ne présente aucun danger en raison de son acidité. Néanmoins, nous avons trouvé intéressant de déterminer la nature de la flore encore active.

III-3- Essai de fabrication artisanale de vinaigre à partir de figue sèche (variété *Tamériout*)

En vinaigrerie traditionnelle, le choix de la matière première (fruits ou autres) et les variétés, est orienté principalement par leur disponibilité, leur abondance et leur appréciation pour la fabrication du vinaigre traditionnel.

Notre étude a porté sur la préparation d'un vinaigre à base de figues sèche de variété *Tamériout* déclassées de moindre valeur marchande, généralement destinées à l'alimentation du bétail, et dans certains cas échangées contre un autre fruit de moindre qualité également qui est la datte.

Dans le présent travail, Trois essais de fabrication de vinaigre ont fait l'objet d'étude :

- **Fermenteur I:** par ajout de levure de bière (la fermentation acétique reste spontanée).
- **Fermenteur II:** par ajout de levure commerciale (la fermentation acétique reste spontanée).
- **Fermenteur III :** par fermentation spontanée.

III-3-1- Description du procédé de fabrication

La technique d'élaboration du vinaigre traditionnelle est basée sur une double fermentation combinée : anaérobie et aérobie. Cette bioconversion utilise des levures et des bactéries acétiques présentes naturellement dans la figue sèche ou par un éventuel ajout.

III-3-1-1-Modalisation des récipients de fermentation

Récipient de la fermentation alcoolique : Les récipients utilisés dans la présente étude sont des bouteilles en verre d'une capacité de 2,5 litre préparés à cet effet, rempli au 3/4 de leurs capacités. La fermentation alcoolique est conduite en anaérobiose à l'aide d'un système constitué d'un bouchon en caoutchouc présentant deux perforations une utilisée pour l'évacuation de CO₂ produit au cours de la fermentation alcoolique et l'autre fait usage de prise d'échantillon. (Voir Figure 3).

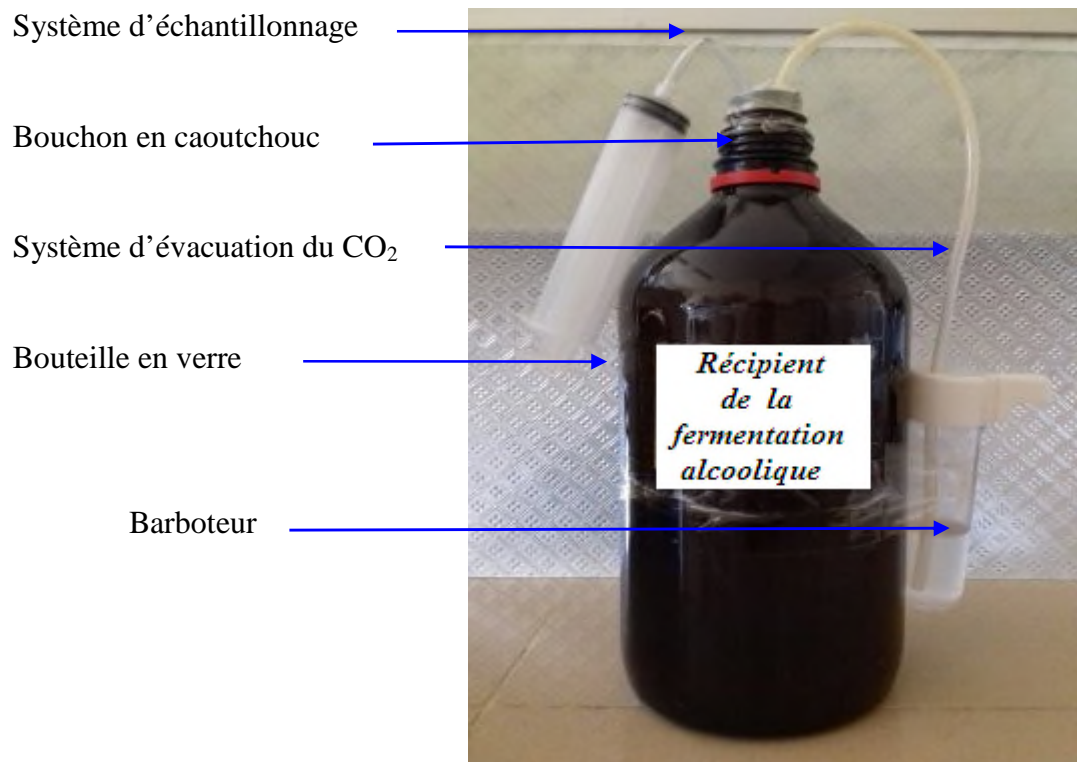


Figure 3- Dispositif de la fermentation alcoolique

Récipient de la fermentation acétique : Les récipients utilisés pour la fermentation acétique sont les mêmes utilisés pour la fermentation alcoolique avec quelques modifications.

Vu que la fermentation acétique nécessite la présence d'oxygène, le système d'anaérobiose utilisé dans les récipients de la fermentation alcoolique a été échangé avec du tissu perforé permettant ainsi la ventilation du jus fermenté tout en le préservant contre toute contamination par les insectes. La manière de prélèvement reste la même que celle utilisée sur les récipients de fermentation alcoolique (voir figure 4).



Figure 4- Dispositif de la fermentation acétique

III-3-1-2- Préparation du moût de fermentation

Après le triage et le lavage, une mesure de figue sèche finement broyées est additionnée de trois mesures d'eau de source.

Afin d'obtenir un vinaigre avec un titre acétique de 5 à 6% environ, le taux de résidus sec soluble du jus obtenu est fixé à 12,5 °Brix. Selon Akin (2008), le rendement de conversion du sucre en alcool dans la fermentation alcoolique est de 1,7 (c'est-à-dire 1,7 g de sucre permet d'avoir 1ml d'alcool), donc environ 6 à 7 ml d'alcool en fin de fermentation alcoolique ; ce qui permettra par l'acétification d'avoir un vinaigre d'environ 5 à 6 degré acétimétrique.

III-3-1-3- Ensemencement par la levure

Les fermenteurs **I** et **II** ont fait l'objet d'un ensemencement de levure, de bière (obtenue au près de la brasserie star d'Algérie) et boulangère (acheter dans le commerce) respectivement, tandis que le fermenteur **III** est conduit en fermentation spontanée.

Généralement c'est la quantité de levure qui détermine la durée de la fermentation alcoolique, dans notre cas la quantité d'ensemencement est de 1,5 g/l de levure sèche.

III-3-2- Mise en Œuvre du procédé de fabrication

Les différentes étapes de la fabrication sont illustrées dans le schéma (voir schéma)

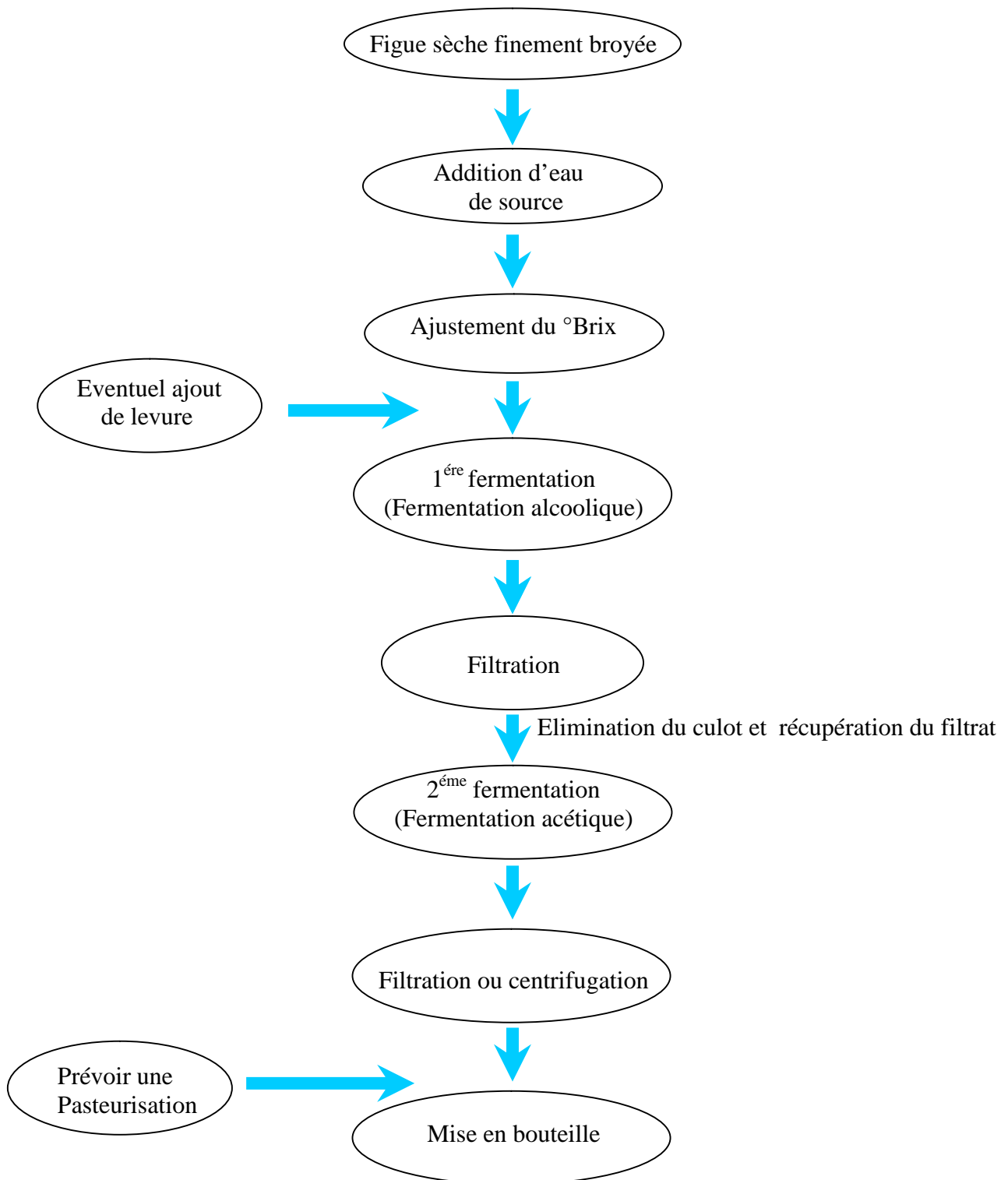


Figure 5 : Les étapes de fabrication du vinaigre

Résultats et discussion

IV-1- Caractéristiques de la matière première (Figue sèche variété *Tamériout*)

IV-1-1- Caractéristiques morphologiques de la figue sèche

Les caractéristiques physiques de la figue sèche étudiée sont illustrées dans le tableau suivant.

Tableau IV-1- Caractéristiques physiques de la figue sèche étudiée.

Paramètres	Valeur moyennes
Couleur	Marron claire
Consistance	Sèche et molle
Poids (g)	12,69 ± 2,58
Dommages dus aux insectes (g/1000g)	40,94 ± 1,20
Fruits moisissés ou fermentés (g/1000g)	30,76 ± 3,29
Fruits déchirés (g/1000g)	45,37 ± 2,63
Matières étrangères	Absence
Fruits desséchés (g/1000g)	35,13 ± 3,32

Les couleurs rencontrées dans les fruits résultent de l'accumulation de molécules colorées appelées pigments. On en trouve une immense diversité dans le monde végétale.

Les différentes variétés du figuier donnent des fruits de couleur : marron, noir et verdâtre, et l'intensité de la couleur varie d'une variété à une autre.

Selon Mauri (1939 ; 1944), les fruits de la variété *Tamériout* sont vert blond à maturité, piriforme avec une peau fine et une chair rouge.

Bachir Bey (2013), décrit le fruit de la variété *Tamériout* comme étant un fruit piriforme à col court avec une peau verte claire.

Après séchage la couleur passe du vert clair à marron clair et cela est dû probablement au brunissement enzymatique qui est par définition la transformation de composés phénoliques existant dans le produit biologique en polymères colorés, le plus souvent noir ou bruns, par le biais d'enzyme.

En effet selon Boubekri (2010), l'activité des enzymes est connue être en grande relation avec la texture et la couleur des fruits. Cette réaction n'est pas activée tant que les cellules sont saines et intactes. Son développement est rapide dans les fruits trop mûrs ainsi qu'au niveau des blessures (chocs, épluchage, parage...). Sa vitesse est maximale pour des températures de l'ordre de 40 °C.

La couleur des fruits peut également être modifiée par voie non enzymatique, la couleur brune d'origine non enzymatique est le produit de réactions complexes qui interviennent pendant le stockage et la transformation des fruits (condensation Maillard, caramélisation des sucres, réaction d'oxydation de l'acide ascorbique) (FAO, 2004).

La consistance de la figue sèche est déterminante pour ses qualités organoleptiques. Elle est fonction de plusieurs paramètres notamment sa teneur en eau.

Boubekri (2010), a noté également que la consistance évolue en fonction de l'inversion de sucres par l'invertase et conduit au ramollissement du fruit.

Le poids moyen des figues sèches étudiées est de $12,69 \pm 2,58$ g. Le résultat trouvé est en accord avec plusieurs autres études, notamment Bachir Bey (2013), qui a indiqué un poids moyen de 13,5 g pour la même variété.

La figue sèche étudiée « *Tamériout* » présente une qualité physique minimale par rapport aux critères fixés par la commission économique des nations unies pour l'Europe (CEE-ONU 2004).

IV-1-2- Caractéristiques physicochimiques de la figue sèche

Les résultats trouvés sont donnés par le tableau IV-2

Tableau IV-2- Caractéristiques physicochimiques de la figue sèche étudiée.

Paramètres	Valeur moyenne/100g de Figue sèche	Valeur moyenne/100g de MS
Teneur en eau	$31,8 \pm 0,56$	----
°Brix	$55,00 \pm 1,64$	$80,64 \pm 2,40$
Teneur en sucres totaux	$56,95 \pm 1,34$	$83,50 \pm 1,96$
Taux de cendre	$2,26 \pm 0,31$	$3,31 \pm 0,45$
Acidité titrable (g d'acide acétique)	$0,504 \pm 0,01$	$0,730 \pm 0,014$
pH	$5,103 \pm 0,056$	$5,103 \pm 0,056$
Teneur en polyphénols totaux (mg EAG/100G MS)	$448,5 \pm 9,19$	$657,62 \pm 13,47$

IV-1-2-1- Teneur en eau

La teneur en eau de la figue sèche étudiée (31,8%) est légèrement supérieure à la norme établie par la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (UNECE, 2004) fixant les paramètres de commercialisation et de contrôle de qualité des figues sèche, le seuil d'humidité est fixé à 26%.

Nos résultats sont en accord avec ceux apportés par Lim (2012), qui indique une teneur en eau de 30,05%, mais ils sont supérieurs à ceux apportés par Bachir Bey (2013), 20,77% pour la même variété. Cependant en majorité la littérature rapporte des teneurs en eau au tour de 16-30,2% (Feier et al. 1993).

Selon Nichols (1934), pour la plupart des fruits secs, le taux d'humidité est un paramètre critique qui varie de 20 à 30% et qui dépend du taux des matières solubles, en particulier les sucres. Le niveau élevé d'humidité dans la variété « *Tamériout* » (31,8%) peut être expliqué par sa richesse en sucre.

IV-1-2-2- Taux du solide soluble (TSS ou °Brix)

Selon Dongare et al. (2015), le terme « Brix » signifie techniquement le pourcentage en poids de sucre solide contenu dans une solution de saccharose pur. Dans les fruits en conserve, les jus de fruits et les produits similaires, il est couramment utilisé comme un terme pratique pour exprimer le pourcentage en poids de tous les solides solubles dans des solutions.

Les figues sèches utilisées ont un °Brix initial de 55,00% soit 80,64% (MS). Le résultat obtenu est proche de celui apporté par Gabriel (2007) pour les fruits séchés (raisin, prune, mangues, abricots, papayes, cantaloup et l'ananas) qui indique un intervalle de 62 à 79,5%. Polat et Çaliskan (2008) en étudiant Huit cultivars de figue fraîche de Turquie ('Sarılop', 'Bursa Siyahi', 'Göklop', 'Yediveren', 'Yesilguz', 'Morguz', 'Sarı Zeybek' et 'UfakYesil ') ont rapportés des valeurs allant de 22,7 à 27,2 %.

Le taux solide soluble des fruits est fonction de plusieurs paramètres notamment le cultivar, la teneur en eau et l'intensité de séchage. En effet selon Ait Haddou et al. (2014), le taux du solide soluble est en étroite relation avec la teneur en matière sèche, minérale, organique, en fibres totaux, protéines totales, en glucose et fructose.

IV-1-2-3- Teneur en sucres totaux

Les sucres représentent la fraction la plus importante de la composition des figues sèche, En effet la teneur en sucres totaux trouvé dans la présente étude est de 56,95% (Figue sèche) soit 83,50 % (MS), les résultats obtenus sont en accords avec ceux rapportés par la littérature. Plusieurs auteurs indiquent des teneurs allant de 48,6 à 61,6 Favier et al. (1993), Vinson (1999), Lim (2012) ont mentionné des taux de 66,2 et 64 g/100g respectivement. Bachir Bey (2013), rapporte des taux allant de 49,64 à 73,30 g/100g, selon le même auteur le séchage des figues induit une augmentation des teneurs en sucres pour la plupart des variétés de figue. Ait Haddou et al. (2014), démontrent l'effet du cultivar sur la variabilité des teneurs en sucre des figues. Les figues sèches constituent une bonne source d'énergie en raison de leur teneur élevée en hydrate de carbone.

IV-1-2-4- Taux de cendre

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. La valeur trouvée pour la figue sèche variété *Tamériout* est de l'ordre de 2,26 (figue sèche) soit 3,31% (MS). Selon Ait Haddou et al. (2014), la teneur en minéraux diffère significativement en fonction du cultivar. Bachir Bey (2013), indique que la figue est considérée comme une source de nombreux minéraux, en particulier le potassium et le calcium.

IV-1-2-5- Acidité titrable

Selon Boukharia (2009), une forte acidité est souvent associée à une mauvaise qualité. Comme il a été rapporté par Booij et al. (1992), le taux de l'acidité des fruits est proportionnel a la teneur en eau et donc inversement proportionnel au degré de maturité.

L'acidité titrable de la figue sèche étudiée est de l'ordre 0,504 g/100g (figue sèche) soit 0,730 g/100g (MS) d'acide acétique. Nos résultats sont en accord avec ceux rapporté par Bachir Bey (2013), Smaili et al. (2016), pour la même variété « *Tamériout* ».

D'après Simsek et Yildirim (2010), la variabilité de l'acidité pourrait être attribuée aux caractéristiques génotypiques et aux paramètres écologiques.

IV-1-2-6- pH

La figue sèche « *Tamériout* » présente un pH légèrement acide de 5,103. Nos résultats sont en accord avec ceux rapporté par Al Askari et al. (2012) qui indique des valeurs de 4,9 à 5,4, et sont similaires a ceux obtenues par Piga et al. (2004) qui sont entre 4,87 et 5,05.

Smaili et al. (2016) ont rapportés un pH de 4,91 pour la même variété.

Ce pH est préjudiciable aux bactéries mais approprié au développement de la flore fongique.

IV-1-2-7- Teneur en polyphénols totaux

Les fruits et les légumes sont considérés comme une bonne source de polyphénols et de capacités antioxydantes qui favorisent la protection du corps humain contre les dommages induits par les espèces réactives.

Les résultats du dosage des composés phénoliques totaux de la figue sèche variété « *Tamériout* » étudiée dans la présente étude sont de l'ordre de 657,62 mg/100g MS.

Nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par Bachir Bey (2013) pour la même variété soit 527,23 mg/100g MS, Smaili (2016) rapporte des teneurs plus faibles de l'ordre de 378,27mg/100g MS.

La littérature indique des concentrations très variables en composés phénoliques dans les fruits. Cette variabilité peut être expliquée par les différences des compositions chimiques des matrices végétales, éventuel traitement thermique ou autres et méthode d'extraction (Naczka et Shahidi, 2006 ; Dai et Mumper, 2010 ; Alvarez et al., 2016).

Selon Bachir Bey (2013), le séchage affecte positivement les concentrations de polyphénols des figues, par contre Renard et al. (2014), indiquent une bonne stabilité des composés aux cours des traitements thermiques des fruits et légumes due à la lenteur de la dégradation de ces derniers. D'autres études ont démontré une baisse de ces derniers après un traitement thermique.

Alvarez et al. (2016), rapportent que la teneur en polyphénols des extraits de fruits et légumes obtenus avec une extraction enzymatique était significativement plus élevée que celle obtenue avec une extraction méthanolique.

IV-1-3- Caractéristiques microbiologique de la figue sèche

Selon Leff et al. (2013), les fruits et légumes peuvent abriter de nombreuses populations bactériennes.

L'analyse de la qualité hygiénique se base sur la connaissance de la flore microbienne existant dans le produit alimentaire. Cette appréciation reste de nos jours la meilleure méthode d'appréciation de la qualité d'un aliment (Taouda et al. 2011).

Les résultats des analyses microbiologiques sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV-2- Caractéristiques microbiologique de la figue sèche étudiée.

	Paramètres microbiologiques effectués			
	Germes totaux	Levures	Moisissures	Bactéries acétiques
Nombre de Microorganisme (ufc/g)	14.10^4	4.10^2	9.10^2	8.10^2

Comme le montre le tableau IV-2, les taux de levures, moisissures et de la flore mésophile totale sont au dessous du seuil maximal d'acceptabilité préconisé par les normes algériennes. De ce fait, on peut dire que la qualité microbiologique de la figue sèche étudiée est satisfaisante.

Les résultats obtenus dans notre étude sont supérieures avec ceux rapportés par Taouda et al. (2011) lors d'une étude de la qualité hygiénique des fruits secs au centre du Maroc, en indiquant des valeurs moyennes pour la figue sèche de $6,21.10^2$ pour la FMAT, $2,36.10^2$ pour les levures et $1,53.10^2$ pour les moisissures.

La charge microbienne des fruits est à l'origine de plusieurs facteurs tel que la flore du sol, de l'eau, de même que des contaminants de l'air.

IV-2- Essais de fabrication artisanale de vinaigre à partir de figue sèche

Les essais de fabrication du vinaigre ont été conduits dans trois fermenteurs différents et à température ambiante.

Les fermenteurs I et II ont fait l'objet d'ensemencement par de la levure de bière et boulangère respectivement et le fermenteur III est conduit en spontané.

IV-2-1- Caractéristiques physicochimique du moût de fermentation

Les caractéristiques physicochimiques du moût destiné à la fabrication du vinaigre sont illustrées dans le tableau IV-3.

Tableau IV-3- Caractéristiques physicochimiques du moût de fermentation

Paramètres	Valeur moyenne
pH	4,46 ± 0,017
Acidité titrable (g d'acide acétique/100ml)	0,222 ± 0,01
°Brix (%)	12,5 ± 1,04
Sucres totaux (g/l)	108,82 ± 4,03

Notre objectif étant de produire un vinaigre de 5 à 6 degrés acétimétrique. C'est la concentration en sucres initiale qui conditionne le taux d'alcool à la fin de la fermentation alcoolique, et c'est ce dernier qui déterminera la concentration en acide acétique à la fin de la fermentation acétique. Selon Bourgois et Larpent (1996) : 1ml d'alcool permet l'obtention de 1 g d'acide acétique.

Pour cela nous avons opté pour une concentration de jus de figues à 12,5 °Brix, ce qui permettra en théorie la production d'un jus fermenté titrant environ 7,0 % vol d'alcool (Akin, 2008).

On constate que le pH de ce jus est acide et ce situ dans l'intervalle optimum de fermentation alcoolique.

IV-2-2- Suivi de la cinétique de la double fermentation

Il est à rappeler que la technique d'élaboration du vinaigre biologique ou traditionnel est basée sur le principe de la double fermentation combinée : anaérobie (alcoolique) et aérobie (acétique).

IV-2-2-1- Evolution du pH

L'évolution du pH dans les milieux fermentaires (fermenteurs I, II et III) en fonction du temps est rapportée dans les graphes suivants.

Le pH initial du moût destiné à la fermentation avoisine 4,46 pour les trois fermenteurs, valeur relativement faible mais se situe dans l'intervalle optimum 3,5- 5 de croissance des levures (Schmid, 2005).

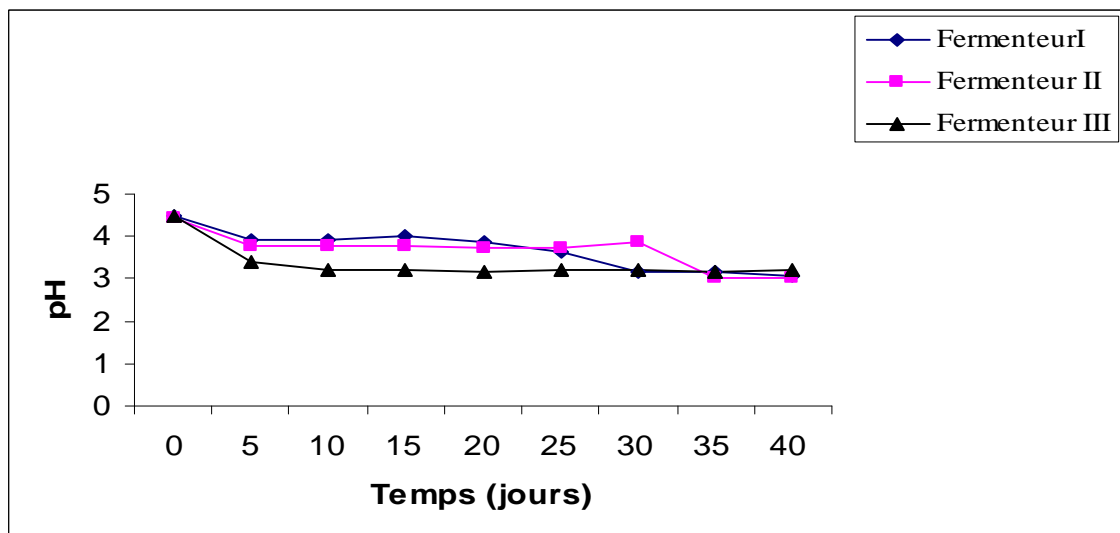


Figure IV-1- Evolution du pH au cours de la fermentation

Tel qu'illustré sur la figure IV-1, le pH du moût diminue au cours de la fermentation pour l'ensemble des fermenteurs, et atteindre des valeurs de 3,91, 3,75 et 3,20 dans les fermenteurs I, II et III respectivement au 10^{ème} jours ; puis se stabilisent autour de ces valeurs jusqu'au 20^{ème} jours ou on remarque un abaissement du pH pour les fermenteurs I et II pour atteindre des valeurs de 3,08 et 3,03 respectivement, alors que le pH du fermenteurs III reste stable jusqu'à la fin du procédé.

Selon Akin (2008), au cours de la fermentation alcoolique, le métabolisme de la levure induit un changement perpétuel du milieu. Ainsi, la consommation des substrats carbonés et azotés s'accompagne de la production de métabolites acides ou alcools.

IV-2-2-2-Evolution du taux solide soluble (TSS ou °Brix) au cours de la fermentation

La variation du °Brix au cours de la fermentation est donnée dans la figure IV-2.

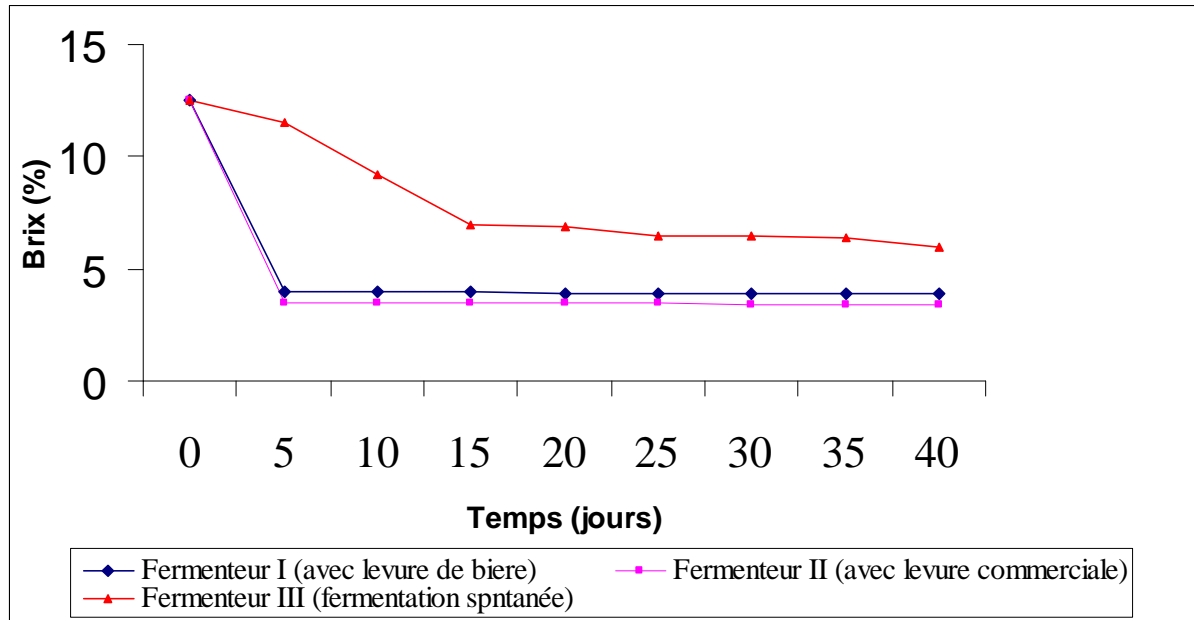


Figure IV-2- Evolution du taux solide soluble (TSS ou °Brix) au cours de la fermentation

Toutes les courbes présentent en générale la même allure. La teneur en matière sèche totale du jus passe de 12,5°Brix aux Brix de 3,9, 3,4 et 6 respectivement dans les fermenteurs I, II et III. Il en résulte que la consommation de la matière sèche totale est plus importante dans les fermenteurs I et IIensemencés respectivement par de la levure de bière et boulangère que dans le fermenteur III conduit en fermentation spontanée. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Ameyapho et al. (2006), Gbohaida et al. (2016), lors d'une étude de production de bioéthanol à partir de jus Mangue et de pomme cajou respectivement, et ceux de Boukharia (2009), lors d'un essai de production de vinaigre a partir de jus de datte.

Il est à noter également que la vitesse de réduction du Brix est plus importante dans les fermenteursensemencés par de la levure que celui conduit en spontané.

IV-2-2-3- Evolution du taux d'alcool au cours de la double fermentation

L'évolution du taux d'alcool au cours de la fermentation dans les trois fermenteurs est donnée par la figure IV-3.

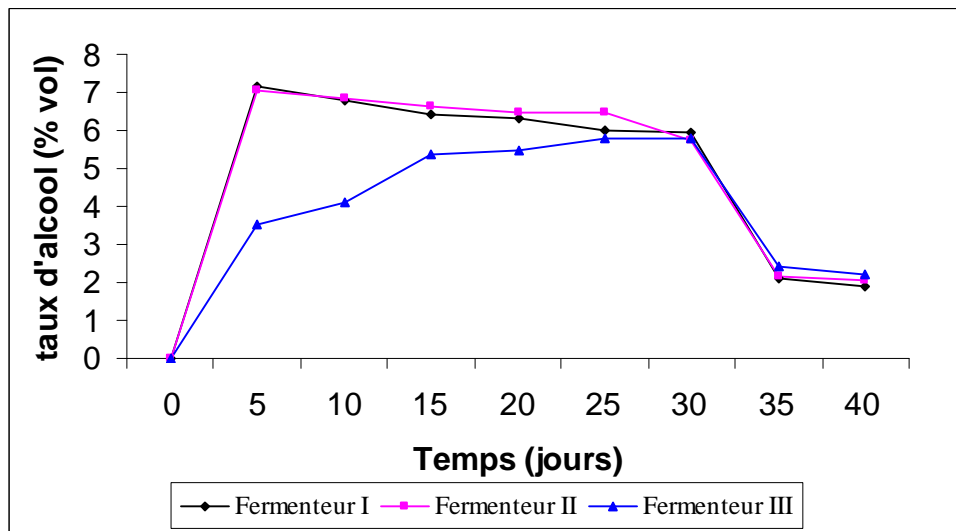


Figure IV-3- Evolution du taux d'alcool au cours de la fermentation

L'allure générale des courbes est analogue et peut être divisée en deux parties :

Partie 1 : J 0 à J20 pour le fermenteur I et II, et du J 0 à J 30 pour le fermenteur III, qui correspond à la fermentation alcoolique conduite en anaérobie.

Partie 2 : J 20 à J 40 pour les fermenteurs I et II, et du J 30 à J 40 pour le fermenteur III, qui correspond à la fermentation acétique conduite en aérobie.

La première partie représente l'évolution progressive de la production d'alcool jusqu'à atteindre un maximum. Au niveau des fermenteurs I et II les valeurs maximales, 7,17 et 7,03 respectivement sont atteintes au bout du 5^{ème} jours, alors que la progression dans le fermenteur III est lente et atteint un maximum de 5,78 au 25^{ème} jours, qui probablement du à un taux de microorganisme faible. Généralement c'est la quantité de levure qui détermine la durée de la fermentation alcoolique. Selon Ameyapoh et al. (2006), la souche de levure influence considérablement la cinétique fermentaire. Puis on remarque une stabilisation du taux d'alcool au tour des valeurs maximales, voir une légère diminution qui est due probablement à la volatilisation de l'alcool, indiquant ainsi la fin de la première fermentation (fermentation alcoolique).

Au cours de la deuxième partie, J20 à J40 pour les fermenteurs I et II, et J 30à J 40 pour le fermenteur III, la teneur en alcool chute considérablement en passant de 6,32% vol à 1,92 % vol dans le fermenteur I, de 6,47 % vol à 2,03 % vol dans le fermenteur II et de 5,78 % vol à 2,21 % vol dans le fermenteur III.

La chute des teneurs en alcool dans la deuxième partie peut être expliquée par l'oxydation de l'alcool en acide acétique, et cela peut être conforté par l'augmentation de l'acidité titrable observée dans l'ensemble des fermenteurs. En effet selon Boukharia (2009), en aérobie l'alcool est oxydé en acide acétique à l'aide d'enzymes liées à des cytochromes.

IV-2-2-4- Evolution de l'acidité titrable au cours de la double fermentation

L'évolution de l'acidité titrable au cours de la double fermentation est illustrée dans la figure IV-4.

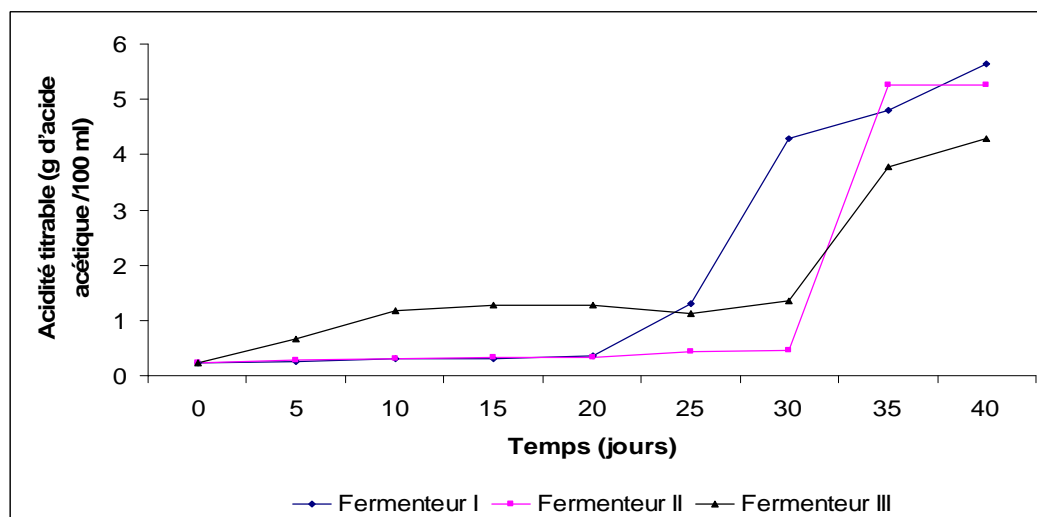


Figure IV-4- Evolution de l'acidité titrable au cours de la fermentation

Comme pour l'ensemble des paramètres de la cinétique fermentaire, l'allure générale de l'évolution de l'acidité titrable est semblable pour les trois fermenteurs, ou on observe une augmentation progressive toute au long du procédé.

Une faible progression est observée au cours de la première fermentation notamment dans les fermenteurs I et II qui peut être expliquée par la dominance de la fermentation alcoolique engendrée par la levure de bière et boulangère respectivement, alors que la teneur de l'acidité est légèrement supérieure dans le fermenteur III, qui est due, selon Benahmed (2007), à une transformation en désordre ou une multitude de flore bactérienne intervient. Akin (2008), explique l'augmentation de l'acidité au cours de la fermentation alcoolique par la

consommation des substrats carbonés et azotés qui s'accompagne de la production de métabolites acides ou alcool.

Après filtration et aération des mouts fermentés, on observe une forte augmentation de l'acidité pour atteindre 5,63, 5,25 et 4,29 g d'acide acétique /100ml dans les fermenteurs I, II, et III respectivement en fin du procédé. En effet selon Rubio-Fernandez et al., (2004), la production de l'acide acétique est fortement affecté par le taux de transfert de l'oxygène.

Gullo et al., (2014), rapportent que le vinaigre est principalement produit par fermentation submergée, qui se réfère a un procédé aérobie dans lequel l'éthanol dans des boissons telles que spiritueux, vin ou le cidre est oxydé à l'acide acétique .

IV-3- Paramètres physico-chimique des vinaigres obtenus

Le tableau IV- 4 récapitule les caractéristiques physicochimiques des vinaigres recueillis après 40 jours de fermentation.

Tableau IV-4- Caractéristiques physicochimiques des vinaigres obtenus

Paramètres/Fermenteurs	Fermenteur I	Fermenteur II	Fermenteur III
Teneur en alcool (% vol)	1,92 ± 0,12	2,03±0,09	2,21±0,16
°Brix (%)	3,9± 0,04	3,4±0,053	6,0±0,21
pH	3,08±0,045	3,03±0,056	3,22±0,020
Acidité titrable (g d'acide acétique/100ml)	5,63±0,36	5,25±0,13	4,29±0,34

Globalement les paramètres analysés sont identiques pour les trois vinaigres à l'exception de l'acidité et du taux solide soluble (°Brix). En effet le fermenteur III présente un taux solide soluble plus élevé 6 °Brix, et une acidité l'égerment faible 4,29 g d'acide acétique/100ml, par rapport aux fermenteurs I et II qui ont un taux solide soluble de 3,9 °Brix, 3,4 et une acidité de 5,63 et 5,25 respectivement.

La teneur en alcool résiduelle dans les trois vinaigres est supérieure à la norme fixée par le codex alimentarius et la législation algérienne qui exige une teneur maximal de 0,5 % vol d'alcool. Quand a l'acétification, les teneurs en acide acétique obtenues sont encourageantes et proche des valeurs préconisées par le codex alimentarius (au minimum 5% d'acide acétique).

IV-4- Etudes des corrélations entre les différents paramètres de la fermentation

Afin de déterminer la relation entre les différents paramètres de la fermentation une étude de corrélation a été réalisée (voir tableau IV-5).

Tableau IV-5- Corrélation entre les différents paramètres physicochimiques de la fermentation

	°Brix	pH	Acidité	alcool
°Brix	1	0,99	0,99	0,99
pH	0,99	1	0,99	0,99
Acidité	0,99	1	1	0,99
Alcool	0,99	0,99	0,99	1

Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$

La matrice de corrélation (réalisée par STATISTICA) représentée dans le tableau IV-5 révèle l'existence de corrélation hautement significative entre les différents paramètres de la fermentation. L'évolution du °Brix au cours de la fermentation induit une diminution du pH, augmentation de l'acidité et production de l'alcool. En effet, selon Akin (2008), la consommation des substrats carbonés et azotés s'accompagne de la production de métabolite acides ou alcool, d'où l'évolution perpétuel des paramètres du milieu.

D'autres parts la réduction de l'alcool au cours de la fermentation acétique fait augmenter l'acidité et le pH du milieu

IV-5- Control microbiologique du vinaigre obtenu

Les moisissures sont en nombre faible pour l'ensemble des vinaigres. Le taux élevé se rencontre dans le vinaigre III avec 300 germes/ml de solution, alors que les vinaigres FI et FII présentent un taux semblable avec 100 germe/ml. Selon Ould el Hadj et al. (2001), la présence des moisissures entraîne un détournement de la fermentation en produisant des odeurs désagréables et des goûts amers. Malgré que le pH favorise la croissance des moisissures, les levures forment la totalité de la microflore (Tableau IV- 6).

Tableau IV-6- Caractéristiques microbiologique des vinaigres obtenus

	Germes totaux (10 ⁴ ufc/ml)	Levures (10 ² ufc/ml)	Moisissures (10 ² ufc/ml)	Bactéries acétique (10 ² ufc/ml)
Vinaigre (FI)	18	6	1	7
Vinaigre (FII)	9	7	1	3
Vinaigre (FIII)	26	4	3	5

Les bactéries acétiques, bien que le milieu est favorable (présence d'alcool et un pH acide) à leur multiplication, leur nombre reste faible. Avec 700, 300 et 500 germes/ml dans le vinaigre FI, FII et FIII respectivement. Les germes totaux sont en dessous des normes.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de la présente étude vise à évaluer la possibilité de développement de stratégie de valorisation de variétés de fruits issu de l'agro biodiversité du figuier (*ficus carica L.*) par un processus biotechnologique. À savoir la valorisation de la figue sèche de faible valeur marchande dans la production artisanale du vinaigre.

Bien que notre patrimoine figuicole recèle une grande diversité variétale, les peuplements sont constitués de variétés unifères à dominantes « *Tamériout* » notamment dans la région de Bejaia, où la production est orientée principalement à la production de figues sèches. De ce fait la variété de figue sèche retenue dans cette étude est la variété « *Tamériout* ».

Avec un poids moyen de $12,69 \pm 2,58\text{g}$, les dommages dus aux insectes $40,94 \pm 1,2\text{g}/1000\text{g}$, fruits moisissés ou fermentés $30,76 \pm 3,29\text{g}/1000\text{g}$, fruits déchirés $45,37 \pm 2,63\text{g}/1000$ et fruits desséchés $35,13 \pm 3,32\text{g}/1000\text{g}$, l'étude des caractéristiques morphologiques a montré que les figues sèches étudiées « *Tamériout* » présentent des qualités physiques minimales par rapport aux critères fixés par la commission économique des nations unies pour l'Europe (CEE-ONU 2004).

L'analyse microbiologique a montré que les taux de levures 4.10^2 ufc/g, moisissures 9.10^2 ufc/g et de la flore mésophile totale 14.10^4 ufc/g sont au dessous du seuil maximal d'acceptabilité préconisé par les normes algériennes. De ce fait, on peut dire que la qualité microbiologique de la figue sèche étudiée est satisfaisante.

La composition physicochimique de la figue sèche étudiée révèle un réel potentiel pour la fabrication du vinaigre. Sa richesse, particulièrement en sucres (56,95% MF) et un Brix de 55% MF, une source intéressante en minéraux (2,26% MF), en polyphénols (448,5 mg EAG/100g MF), un pH avoisinant 5,10 et une acidité de 0,504g d'acide acétique/100g.

Une telle composition a permis d'élaborer un moût de 12,5°Brix soit 108,82 g/l de sucres totaux, un pH 4,46 et une acidité titrable de 0,222g d'acide acétique/100ml.

Les résultats du suivi de la cinétique des paramètres de la double fermentation (alcool, °Brix, pH et acidité) a révélé que l'évolution du °Brix au cours de la fermentation induit une diminution du pH, augmentation de l'acidité et production de l'alcool. D'autres parts la réduction de l'alcool au cours de la fermentation acétique fait augmenter l'acidité et le pH du milieu.

À l'issue de notre travail nous avons obtenus trois vinaigres : FI, FII, FIII présentant globalement les mêmes caractéristiques à l'exception de l'acidité et du taux solide soluble (°Brix). Le vinaigre FIII présente un taux solide soluble plus élevé 6 °Brix, et une acidité

l'égerment faible 4,29 g d'acide acétique/100ml, par rapport aux vinaigres FI et FII qui ont un taux solide soluble de 3,9 °Brix, 3,4 et une acidité de 5,63 et 5,25 respectivement.

La teneur en alcool résiduelle dans les trois vinaigres est supérieure à la norme fixée par le codex alimentarius et la législation algérienne qui exige une teneur maximal de 0,5 % vol d'alcool. Quand a l'acétification, les teneurs en acide acétique obtenues sont encourageantes et proche des valeurs préconisées par le codex alimentarius (au minimum 5% d'acide acétique). Pour ce qui est de la qualité microbiologique, les vinaigres présente une qualité hygiénique acceptable, néanmoins nous préconisant une éventuelle pasteurisation ou stérilisation.

Comme complément à cette étude, nous recommandons :

- Détermination des composés mineurs de la figue sèche « *Tamériout* » (minéraux, protéines, matières grasses...) ;
- Identification (caractérisation) de la flore indigène de ce fruit ;
- Recherche de toxines ou d'autres métabolites, pouvant être à l' origine d'intoxication, dans le vinaigre de figue ;
- Etude économique : production du jus, alcool, vinaigre....

Références bibliographiques

A

- Ait Haddou L., Blenzar A., Messaoudi Z., Van Damme P., Boutkhil S., Boukdame A., 2014. Effet du cultivar, du prétraitement et de la technique de séchage sur quelques paramètres physico-chimiques des figes séchées de sept cultivars locaux du figuier (*Ficus Carica L.*) au Maroc. *European Journal of Scientific Research*, Vol. 121, No4., pp. 336-346.
- Akin, H., 2008. Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de mouts de raisin : modélisation et interprétation métabolique. Thèse doctorat, Institut National polytechnique de Toulouse, option : Génie des procédés et Environnement, 121 p.
- Al Askari G., Kahouadji A., Khedid K., Charof R., et Mennane Z. 2012. caractérisation physico-chimique et Microbiologique de la fige sèche prélevée des marchés de Rabat-Salé, Temara et Casablanca. *Les Technologies des laboratoires*.7(26) : 12-19.
- Alvarez R., Araya H., Navarro-Lisboa R., Lopez de Dicastillo C., 2016. évaluation du contenu en polyphénol et de la capacité antioxydante des fruits et légumes à l'aide d'une extraction enzymatique. *Food Technol Biotechnol*. 54 (4), pp. 462-467.
- Alzamora S.M., Guerrero S., Nieto A.B., Vidales S., 2004. Technologies combinées de conservation des fruits et des légumes. Manuel de formation.FAO 2004.
- Ameyapoh Y., Wokpor K., De Souza C., 2006. Identification et sélection de souches de levure performantes pour la production d'alcool. Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires. *Journal des sciences*, Vol 6, N°1. Ecole Supérieure des Techniques Biologiques et Alimentaires - Université de Lomé, pp.30-40.
- Anonyme (Document Agriculture et Agroalimentaire Canada), 2007. Le marché mondial du vinaigre, possibilités pour les exportateurs canadiens de vinaigre. *Agriculture et Agroalimentaire*, Canada, 16p.

B

Bachir Bey M., 2015. Etude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques, les propriétés antioxydantes et les profils phénoliques de variétés de figes (*Ficus carica L.*). Thèse doctorat, Université Abderrahmane Mira Bejaia, 146p.

- Benahmed, D., 2007. Etude et optimisation d'un processus de fabrication traditionnelle du vinaigre à partir de deux variétés de dattes communes cultivées dans le sud algérien. Thèse magister, Université M'Hamed Bougara Boumerdès (Alger), 76 p.
- Boubekri A., 2010. Optimisation des traitements thermiques de la datte algérienne « Deglet-Nour ». Thèse doctorat. Université Hadj-Lakhdar Batna, 138 p.

- Boukharia, A., 2009. Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de datte tel qu'appliqué au sud algérien : essai d'optimisation. Thèse magister, Université M'Hamed Bougara Boumerdès, 102 p.
- Bourgeois, C.M., Larpent J-P., 1996. Microbiologie Alimentaire : aliments fermentés et fermentations alimentaires (tome 2). Edition Tech& Doc., 623p.
- Bouzid L., 2012. Caractérisation morphologique de quarts variétés Algériennes de Figuier « Ficus carica L. ». Thèse magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (Alger), 167 p.

C

- Çaliskan O., Polat A., 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. Science Direct, Scientia Horticulturae 115, pp.360-367.
- Condit J., 1955. Fig varieties : a monograph. Hilgardia. A Journal of Agricultural Science published by the California Agricultural Experiment Station, 23 (11):323-539.
- Chapin S., 2011. vinaigre : un concentré d'astuces pour votre maison, votre santé, votre beauté. Eyrolles, 15p.

D

- Dai J., Mumper R.J., 2010. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules, Vol. 15, N° 10, p.7313-7352.
- Dongare M.L., Buchade A.D., 2015. Refractive Index based Optical Brix Measurement Technique with Equilateral Angle Prism for Sugar and Allied Industries. International Journal for Light and Electron Optics (2015), <http://dx.org/10.1016/j.ijleo.2015.05.137>

E

- El khaloui M., 2010. Valorisation de la figue au Maroc. Bulletin mensuel d'information et de liaison de programme national de transfert de technologie en agriculture. N° 186.

F

- Favier J.C., Ireland-Ripert J., Laussucq C., Feinberg M., 1993. Répertoire général es aliment. Tome 3: table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Editions ORSTOM et Tech & Doc, INRA. pp.31-34.
- FAO STAT. 2013. Statistiques récentes de la FAO dans le domaine relatives au secteur de la figue. Site web : www.faostat.org.

- Fok M., Ndoye O., Koné S. 2015. AGRAR-2013: 1st conference of African research on agriculture, food, and nutrition. Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013. Agriculture and the challenges of food and nutrition in Africa: the contributions of research in the cotton zone. Presses Agronomiques de Gembloux, 689 p.

G

- Gbohaida V., Mossi I., Adjou E.S., Agbangnan Dossa C.P., Wotto D. V., Avlessi F., Dominique C.K., Sohounhloue D.C.K., 2016. Évaluation du pouvoir fermentaire de *Saccharomyces cerevisiae* et de *S. carlsbergensis* dans la production de bioéthanol à partir du jus de la pomme cajou. *Journal of Applied Biosciences* 101, pp. 9643 – 9652.
- Godon, B., Loisel W., 1997. Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Collection sciences et techniques agroalimentaires. 2^{ème} Ed. Tec et Doc Lavoisier.
- Guiraud J.P., 1998. Microbiologie alimentaire. Edition DUNOD, Paris, 615p.
- Gullo M., Verzelloni E., Canonico M., 2014. Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: process and biotechnological aspects, *Process Biochemistry*, 38 p.

H

- Hadj Sahraoui, K., 2014. Etude sectorielle arboriculture fruitière et de la vigne : filière arboriculture fruitière. Realagro : Actualité, fiche technique, réglementation. décembre arboriculture fruitière. Realagro : Actualité, fiche technique, réglementation. décembre 22, 2014.)
- Haesslein D., Oreiller S., 2008. Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée ! Heds (Haue école de santé) Genève, filière nutrition et diététique : 1-4

J

- Joseph B., Justin Raj S., 2011. pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn-An overview. *International Journal of PharmTech Research*, Vol. 3, N° 1, pp 08-12.

L

- Leff J.W., Fierer N., 2013. Bacterial Communities Associated with the Surfaces of Fresh Fruits and Vegetables. *PLoS ONE* 8(3). Ed. Gabriele, Berg, Graz University of Technology (TU Graz), Austria, 9 p.
- Lim T.K., 2012. Edible medicinal and non medicinal plants: *Ficus carica*. Moraceae. Volume 3, Fruits. Edition Springer Sciences Media B.V. pp. 362-376.

M

- Matheis W., Bourgeois J., Caperos J., Feusi J., Girard J-M., Helbling J., Hischenhuber C., 1995. Vinaigre de fermentation. MSDA (manuel Suisse des denrées alimentaires).
- Mauri N., 1939. Les figuiers cultivés en Kabylie. Documents et renseignement agricoles, Bulletin N° 5, 66p.
- Meziat L., 2014. Etude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimique et l'activité antioxydante de neuf variétés de figes (*Ficus carica* L.). Thèse magister, Université Abd Errahmane Mira (Bejaia), 108 p.
- Multon, J-L., 1991. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Collection sciences et techniques agro-alimentaires. 2^{ème} Ed. Tec et Doc Lavoisier. 476p.

N

- Naczk M., Shahidi F., 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. Journal Pharm Biomed, Vol. 41, N° 5, p. 1523-1542.
- Nichols P.F. 1934. Public health aspects of dried foods. American journal of public health and the Nations Health, 24(11): 1129-1134.

O

- Ould El Hadj M.D., Sebihi A.H., Siboukeur O., 2001. Qualité hygiénique et caractéristiques Physico-chimiques du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette de Ouargle. Rev.Energ.ren. : Production et valorisation-Biomasse, pp.87-92.

P

- Piga A., Pinna I., Ozer K.B., Mario Agabbio M., et Aksoy U., 2004. Hot air dehydration of figs (*Ficus Carica* L.): drying kinetis and quality loss. International Journal of food science and Technonolgir. (39): 793-799.

R

- Renard C.M.G.C., Caris-Veyrat C., Dufour C., Bourvellec C., 2014. Le devenir des polyphénols et caroténoïdes dans les fruits et légumes traités thermiquement. Sécurité et qualité des produits d'origine végétale. Innovations Agronomique 42, pp.125-137.
- Rubio-Fernandez H., Salvador M.D., Fregapane G., 2004. Influence of fermentation oxygen partial pressure on semicontinuous acetification for wine vinegar production. Journal of Eur. Food Res.Technol., Vol. 219, pp. 393 – 397.

S

- Schmid Rolf, D., 2005. Atlas de poche de Biotechnologie et de Génie Génétique. Editions Flammarion, pp 175-200.
- Simseki M. et Yildirim H. 2010. Fruit characteristics of the selected fig genotypes. African Journal of BIOTEchnology.9 (37): 6056-6060.
- Smaili H., Kessai B., 2016. Valorisation par transformation de la figue séche (Ficus Carica): cas de la production du vinaigre. Thèse master, université A. Mira-Bejaia, 39 p.

T

- Taouda H., Errachidi F., Bennani L., Aabouch M., Berrada S., Maniar S., El Ouali Lalami A., 2011. Qualité hygiénique des fruits secs au centre du Maroc. Microbiol.Hyg. Alim., Vol 23, N°67, p. 15.
- Tesfaye W., Morales M.L., Garcia-Parrilla, Troncoso A.M., 2002. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. Journal of Trends in Food Science & Technology, Vol. 13, pp. 12-21.

U

- UNECE, 2004. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)-Standard, DDP-14, concerning the marketing and commercial quality control of Dried Figs. United Nation Edition 2004.

V

- Vinson J.A., 1999. the functional food properties of figs. Cereal foods World. American Association of Cereal Chemists. 44 (2): 82-87.
- Watson L, Dallwitz MJ (2004). The Families of Flowering Plants: Description, Illustration, Identification, and Information Retrieval. <http://biodiversity.uno.edu/delta/> (accessed June 2004).

Annexes

Annexe 1

Tableau I : Surface cultivée par les figuiers dans le monde en 2011 (FAO STAT, 2013)

Pays	Surface cultivée (ha)	Pourcentage (%)
Portugal	86847	22,46
Turquie	58694	15,18
Maroc	51449	13,30
Algérie	46331	11,98
Egypte	28479	7,36
Iran	18666	4,83
Tunisie	16480	4,26
Espagne	11761	3,04
Afghanistan	10469	2,71
Albanie	10000	2,59
Total mondial	386737	100

Tableau II : Production mondiale de figes en 2011 (FAO STAT, 2013)

Pays	Production (tonnes)	Pourcentage (%)
Turquie	260508	23,65
Egypte	165483	15,02
Algérie	120187	10,91
Maroc	114770	10,42
Iran	75927	6,89
Syrie	42944	3,90
Etats-Unis	35072	3,18
Espagne	28993	2,63
Brésil	26233	2,38
Tunisie	26000	2,36
Production mondiale	1101697	100

Annexe 2

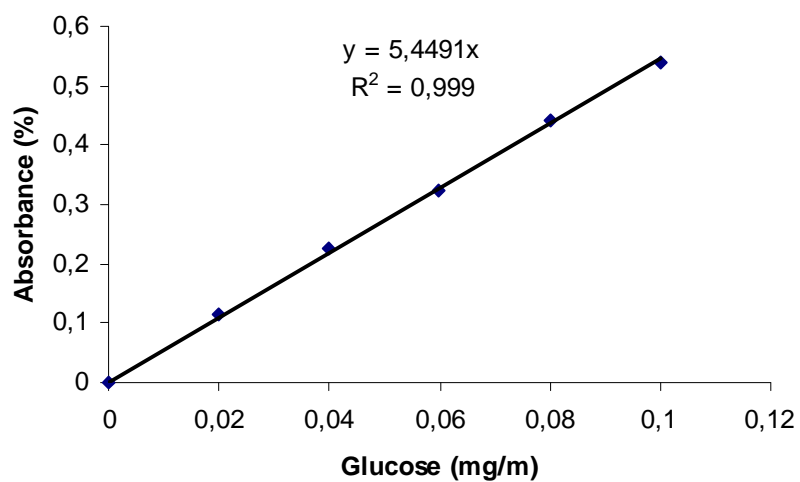


Figure I : Courbe d'étalonnage des glucides

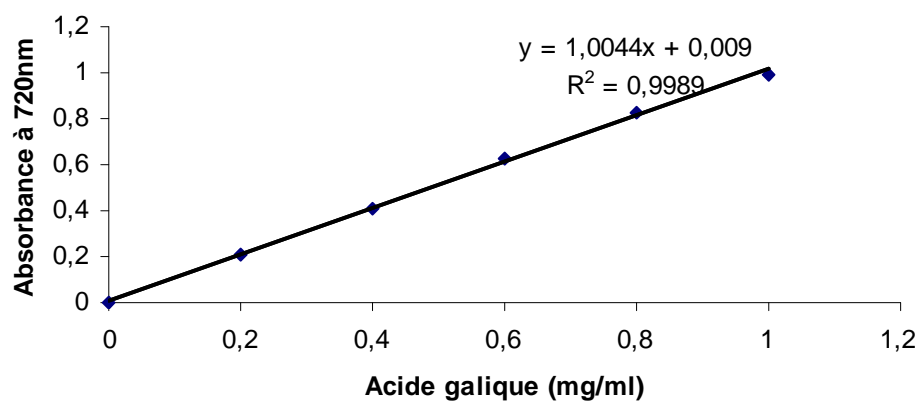


Figure II : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques

Annexe III

Tableau I: Analyse des corrélations des différents paramètres physicochimiques de la fermentation

Corrélations (corrélation) Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$				
	°Brix	pH	Acidité	Alcool
°Brix	1,00	0,99	0,99	0,99
pH	0,99	1,00	0,99	0,99
Acidité	0,99	1	1,00	0,99
Alcool	0,99	0,99	0,99	1,00

Résumé

L'objectif de la présente étude vise à évaluer la possibilité de développement de stratégie de valorisation de variétés de fruits issus de l'agro biodiversité du figuier (*Ficus carica L.*), par un processus biotechnologique, à savoir la valorisation de la figue sèche de faible valeur marchande dans la production artisanale du vinaigre. La variété de figue sèche retenue dans la présente étude est la variété *Tamériout* qui est une variété très répandue dans le figuier algérien notamment dans la région de Bejaia.

Au premier lieu nous avons essayé d'étudier les paramètres morphologiques, composition physicochimique et microbiologique de la figue sèche. Les résultats obtenus indiquent une qualité minimale par rapport aux normes établies par la commission économique des nations unies pour l'Europe (CEE-ONU).

En second lieu nous avons tenté de valoriser ce produit dans la fabrication du vinaigre. Au cours de cet essai, un certain nombre de paramètres ont été étudiés (pH, acidité, Brix, alcool).

A l'issue de notre travail nous avons obtenu des résultats encourageants et proches des normes fixées par le Codex alimentarius pour les vinaigres biologiques. De ces faits nous pouvons dire qu'il y a possibilité de valoriser la figue sèche dans la production du vinaigre.

Mots clés : figue sèche-*ficus carica L.*- variété « *Tamériout* », valorisation, vinaigre de figue sèche.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the possibility of developing a strategy for the valorization of fruit varieties resulting from the agro-biodiversity of the fig tree (*Ficus carica L.*), through a biotechnological process. Namely the valuation of dry fig with low market value in the artisanal production of vinegar. The dry fig variety retained in the present study is the "Tamériout" variety, which is a highly replicated variety in the Algerian fig tree, especially in the Bejaia region.

In the first place we tried to study the morphological parameters, physicochemical and microbiological composition of the dry fig. The results obtained indicate a minimum quality compared to the standards established by the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE).

Secondly, we tried to enhance this product in the manufacture of vinegar. During this test, a certain number of parameters were studied (pH, acidity, Brix, alcohol). At the end of our work we have obtained results encouraging and close to the norms fixed by the Codex alimentarius in the biological vinegars. From this we can say that there is the possibility of adding value to the dry fig in the production of vinegar.

Key words: fig-dry-*ficus carica L.* - variety "Tamériout", valorization, dry fig vinegar.