

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences biologiques



Mémoire de Master Académique
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences alimentaires
Spécialité : Qualité de produits et sécurité alimentaire

THEME

**Etude comparative des propriétés antioxydantes
de vinaigre traditionnelle à base de deux variétés
de dattes cultivées dans la région d'Adrar**

Présenté par:

M. NASRI Khaled

Melle. ZENATI Ikram

Soutenu publiquement:

Le 15/06/2025

Devant le jury:

M^{me} TELLI Alia	Président	MCA	UKM Ouargla
M. CHOUANA Toufik	Promoteur	MCA	UKM Ouargla
M^{me} DJAFRI Kaouther	Co-promotrice	Doctorante	INRAA Touggourt
M^{me} Dr BOUKHANOUF	Examineur	MCB	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENTS

Louange à Allah pour Sa guidance et Son soutien. Ce travail est le fruit d'un parcours auquel ont contribué de nombreuses personnes. Nous exprimons ici, avec humilité, notre reconnaissance et notre gratitude envers toutes celles et ceux qui nous ont accompagnés tout au long de notre parcours académique.

Nous adressons nos remerciements et notre profonde gratitude à Monsieur CHOUANA Toufik, maître de conférences A à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. qui nous a honorés en supervisant ce mémoire. Il n'a ménagé aucun effort pour nous guider et nous orienter. Il a été un enseignant et un mentor exemplaire, nous accordant de son temps et de ses efforts, et nous ouvrant les horizons de la connaissance par son expertise et ses conseils avisés. Nous lui exprimons nos plus sincères sentiments de respect et d'estime.

Nos sincères remerciements vont également à Mme DJAFRI Kaouther, responsable du stage à la station d'expérimentation de la recherche Agronomique d'Algérie "INRAA, Touggourt", qui nous a offert un environnement scientifique riche en expériences et en connaissances. Elle a été pour nous un soutien précieux par son expérience et sa sagesse. Merci pour tout ce qu'elle a fait.

Mes remerciements s'adressent également à Mme TELLI Alia, Maitre de conférences A à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de m'avoir honorée en acceptant de présider le jury de notre soutenance.

Mes remerciements s'adressent à Mme BOUKHENNOUF Soumia Maitre de conférences A à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, d'avoir accepté d'examiner notre travail. pour sa lecture attentive et ses commentaires éclairés.

présidente du jury, pour ses remarques pertinentes et ses suggestions constructives qui ont enrichi ce .mémoire

Nos remerciements s'étendent à l'université Kasdi Merbah - Ouargla, ce prestigieux établissement qui a été pour nous une deuxième maison, nous accompagnant depuis le début de notre parcours académique. Elle nous a fourni savoir et connaissances, et nous a ouvert de vastes horizons pour la recherche et la découverte. Merci à tous ceux qui y travaillent, enseignants, administrateurs et personnels.

DÉDICACES

Au nom **d'Allah**, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux. Louange à Allah par Sa grâce les bonnes actions s'accomplissent, qui nous a accordé la force et la patience pour poursuivre le chemin de la connaissance. Que la paix et les bénédictions soient sur le plus noble des prophètes, notre maître Muhammad, ainsi que sur sa famille et ses compagnons.

À Allah, le Très-Haut, en premier et en dernier, la source de force et de générosité, qui m'a accordé la détermination pour continuer ce parcours et m'a inspiré la patience face aux défis.

À mon père bien-aimé Mohamed, qui a été pour moi le modèle de patience et de persévérance, qui a semé en moi l'amour du savoir et du travail acharné, et dont les conseils et le soutien ont tracé ma voie académique.

À ma chère mère Khadija, le cœur tendre et l'étreinte chaleureuse, qui a toujours été mon refuge, avec ses prières qui ne m'ont jamais quitté et ses paroles qui ont été le baume pour chaque fatigue.

À mes grands-parents, véritables phares de sagesse et de bénédiction, aux prières sincères et aux cœurs purs, qui ont toujours été un soutien invisible dans ma vie. Que Dieu leur accorde santé et longévité, et enveloppe de Sa miséricorde ceux qui nous ont quittés.

À mes sœurs chéries : Amina, Asma, Zineb, et Iman, qui ont été bien plus que de simples sœurs, mais des compagnes de l'âme, des piliers d'espoir dans les moments difficiles. Leur présence a toujours été une source de joie et de réconfort.

À mes frères : Othman, Elias, Taher, Abdelaziz, Radouane, et Yacoub, mon bouclier protecteur et mes compagnons de route, qui ont toujours été à mes côtés, m'apportant soutien et encouragement à chaque étape de ma vie.

À mes collègues d'études et de travail, qui ont partagé avec moi cette aventure académique, m'accompagnant dans les moments de difficulté comme dans les moments de succès, laissant une empreinte inoubliable dans mon parcours.

À tous ceux qui ont cru en moi, m'ont soutenu, et m'ont tendu la main, à tous ceux dont la parole bienveillante ou la prière sincère m'ont apporté réconfort.

Je dédie le fruit de mes efforts en signe de gratitude infinie et de reconnaissance éternelle.

Khaled

DÉDICACE

Au nom **d'Allah**, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux. Louange à Allah qui a enseigné à l'homme ce qu'il ne savait pas et qui nous a comblés de Ses bienfaits apparents et cachés. Louanges à Lui, en premier et en dernier, en public et en privé, Lui qui m'a accordé la force et la détermination pour accomplir cette réalisation.

À mes chers parents, source de tendresse et de miséricorde, qui ont semé en moi l'amour du savoir et ont soutenu mon parcours avec amour et encouragement. Ils ont toujours été le pilier qui m'a aidé à surmonter les difficultés. Puisse Allah prolonger leur vie et les récompenser pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

À ma mère, l'étreinte chaleureuse et la prière sincère, qui a été une lumière illuminant mon chemin, et dont les paroles étaient un baume pour chaque fatigue. Et à mon père, modèle de patience et de labeur, qui m'a appris le sens de la responsabilité et de la persévérance.

À mes sœurs bien-aimées : Sabrine, Rahma, Nour, DJohaina et Batoul, qui ont été bien plus que de simples sœurs, mais des compagnes de l'âme et des piliers de l'espoir. Chacune d'elles a laissé une empreinte particulière dans mon cœur.

À mes chers frères : Marouane, Bilal, Obaida, Yahia, mon bouclier protecteur et mes compagnons de route, auprès de qui j'ai toujours trouvé soutien et entraide à chaque étape de ma vie.

À mes grands-parents, source pure de sagesse et de bénédiction, et pour leurs prières qui ne m'ont jamais quitté. Qu'Allah les protège, les préserve et fasse d'eux une lumière dans ma vie.

À mes chères amies : Souzane, Rabab, Fatima, Ikram, Malak, Rayan, Faryal, Asma, Roudaina et Massouda, Hakima : qui ont été les fleurs qui ont embelli mes jours, et qui ne m'ont jamais privé de leur amour et de leur soutien, étant toujours à mes côtés dans les bons comme dans les mauvais moments.

À mon collègue dans la préparation de ce mémoire, Khaled, qui a été un partenaire dans l'effort et la persévérance, et un compagnon dans le parcours de recherche et de travail. Je te remercie sincèrement pour ton dévouement et tes efforts.

À tous ceux qui m'ont enseigné une lettre, à ceux qui ont illuminé mon chemin par la lumière du savoir, à ceux qui ont cru en moi et m'ont encouragé, je dédie le fruit de mon effort, en signe de reconnaissance et de gratitude infinies.

Ikram

Liste des figures

Figure n°01 : Coupes longitudinales d'une datte et de son noyau de palmier datties.....	09
Figure n°02 : Classification de dattes selon leurs consistances	10
Figure 0 3 : Classification des dattes.....	11
Figure 04 : Représentation schématique du principe d'action des antioxydants.....	18
Figure 05 : Situation géographique d'Adrar.....	20
Figure 06 : Procédure des analyses physicochimique et activité antioxydantes du vinaigre.....	22
Figure n°07 : Isolement sur milieu PCA.....	35.
Figure08. PH des différents échantillons du vinaigre.....	38.
Figure09. Conductivité électrique des échantillons de vinaigres.....	39
Figure10. Densité des différents échantillons de vinaigre.....	40
Figure 11. Taux de solides solubles des différents échantillons de vinaigre.....	40
Figure 12. Teneur en cendres des différents échantillons de vinaigre.....	41
Figure 13. Teneur en matière sèche des échantillons du vinaigre.....	42
Figure 14. Résultats d'analyse d'acidité totale des échantillons du vinaigre.....	43
Figure 15. Teneur en alcool résiduel des différents échantillons de vinaigre.....	44.
Figure 16. Teneur en sucres totaux des différents échantillons de vinaigre.....	45
Figure 17. Teneur en Polyphénol totaux des différents échantillons de vinaigre.....	46
Figure 18. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	47
Figure 19. Taux de flavonoïdes des différents échantillons de vinaigre.....	48
Figure 20. Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour le test DPPH.....	50.

Liste des photos

Photo 1. Dattes Hmira _____	
Photo 2. Dattes Bamekhlouf _____	
Photo 3. Vinaigre de datte « Hmira » _____	
Photo 4. Vinaigre de datte « Bamekhlouf » _____	
Photo 23. Détermination des alcaloïdes. _____	51
Photo 24. Détermination des Saponosides. _____	51
Photo 25. Détermination des Flavonoïdes _____	52
Photo 26. Détermination des térapénoïdes. _____	52
Photo 27. Détermination des polyphénols _____	53

Liste des tableaux

Tableau I : Teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes (BELGUEDJ,2002)	12.
Tableau II : Différentes variétés de dattes utilisées dans chaque type de vinaigre.....	21
Tableau III : Résultats des tests phytochimiques	49
Tableau IV : Activité inhibitrice-évaluée par le test DPPH.....	50
Tableau V. Résultats des analyses de la qualité microbiologique	51.

Liste des abréviations

AG : Acide gallique

BS : Bicarbonate de sodium

CE : conductivité électrique

DPPH :(2,2-diphényle- Picrylhydrazyls)

FC : Réactif de Folin-Ciocalteu

FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale

FAO : Food and Agriculture Organisation

DH : Datte variété Hmira

DBM : Dattes variété Bamekhlouf

VH: Vinaigre de dattes, variété Hmira

VBM : Vinaigre de dattes de variété Hmira

MS : Matière Sèche

OT : oses Totaux

PCA: Plate Count Agar

PDA: Potato Dextrose Agar

PPT : polyphénols totaux

TSS : Taux des Solides Solubles

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

Synthèse bibliographique

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITE SUR VINAIGRE	3
1.1 Historique.....	4
1.2 Définition et réglementation du vinaigre	4
1.3 Principaux types de vinaigres.....	4
1.3.1 Vinaigre de vin.....	4
1.3.2 Vinaigre de cidre.....	5
1.3.3 Le vinaigre de riz.....	5
1.3.4 Vinaigre de malt	5
1.3.5 Vinaigre blanc ou cristal	5
1.3.6 Vinaigre de moût de raisin	5
1.3.7 Vinaigre de glucose	5
١,٣,٨ Vinaigre de petit lait	5
1.4 Domaines d'utilisation du vinaigre	5
1.4.1 Utilisation en cuisine	5
1.4.2 Utilisation domestique :	6
1.5 Bénéfices du vinaigre	6
CHAPITRE II : VINAIGRE TRADITIONNEL DES DATTES	8
2.1 Définition des dattes	8
Classification des dattes :	8
2.3) Composition biochimique	9
2.3.1) La chair	9
2.3.5) Protéines.....	10
2.3.6) Fibres.....	10

2.3.7) Acides gras	11
2.3.8) Sels minéraux.....	11
2.3.9) Vitamines	11
2.3.10) Arômes.....	11
2.4) Elaboration du vinaigre	11
2.5) Processus de fermentation du vinaigre des dattes.....	11
2.5.1) Fermentation alcoolique.....	12
2.5.2) Fermentation acétique	12
2.6) Métabolites secondaires	12
2.6.2) Polyphénols	13
2.6.3) Flavonoïdes	13
2.6.4) Tanins.....	13
2.6.5) Alcaloïdes	14
2.6) Activités biologiques des métabolites secondaires.....	14
2.6.1) Activité antioxydantes	14
2.6.2) Stress oxydatif.....	14
2.6.3) Les antioxydants	14
2.6.4) Principe d'action des antioxydants	15
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES.....	19
3.1) Objectif d'étude.....	18
3.2) Présentation de la zone d'étude	18
3.3) Matériel végétal	18
3.4) Matériel biologique	18
3.6) Analyses physicochimiques.....	20
3.6.1) Détermination du pH	20
3.6.2) Teneur en matière sèche (MS).....	20
3.6.3) Taux de solides solubles (TSS).....	20
3.6.4) Détermination de la densité	20
3.6.5) Taux des cendres.....	20
3.6.6) Détermination de la conductivité électrique.....	21
3.6.7) Dosage de l'acidité titrable	21
3.6.8) Dosage de l'alcool résiduel	21
3.7) Analyses Biochimiques.....	22
3.7.1) Dosage des Oses Totaux.....	22
22	
Mode opératoire	22

3.7.2) Screening phytochimique	23
3.7.2.1) Test des alcaloïdes	23
3.7.2.2) Test des Flavonoïdes	23
3.7.2.3) Test des anthocyanes	23
3.7.2.4) Test des Tanins	24
3.7.3) Analyse phyto chimique	24
3.7.3.1) Dosage des composés phénoliques totaux	24
3.7.4) Activité antioxydantes	25
3.7.4.1) Mesure du Pouvoir Anti-Radicalaire par le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).....	26
3.7.4.1.1)Principe	26
Mode opératoire	27
3.8) Analyses Microbiologiques	27
3.8.1) Qualité Microbiologique du Vinaigre.	27
3.8.2) Recherche de la Flore Mésophile Aérobie Totale	27
3.8.3) Recherche des levures et des moisissures.....	28
3.9) Analyse statistique	29
 CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	 36
4.1 Résultats des Analyses physico-chimique	54
4.1.1 Résultats du PH.....	54
4.1.2 Conductivité électrique	54
4.3.3Taux des solides solubles	55
4.1.3 Cendres.....	56
4.1.4 Matière sèche.....	57
4.1.5 Acidité titrable	57
4.1.6 Teneur en alcool résiduel	58
4.2 Analyses biochimiques	59
4.2.1 Dosage des oses totaux.....	59
4.3 Analyses phyto chimique	60
4.3.1 Teneur en polyphénols totaux.....	60
Dosage de Flavonoïdes	61
4.4 Activité biologique	62
4.4.1 Résultats du pouvoir antioxydant par le test DPPH	62
4.5 L'Analyse microbiologique	63
4.5.1 Qualité microbiologique des vinaigres	63
 CONCLUSION	 64
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	 56

ANNEXES..... 62

RESUME..... 63

Introduction

Introduction

Le palmier dattier (**Phoenix dactylifère L.**) est un arbre emblématique des régions désertiques, où il prospère sous un climat chaud et aride. Il joue un rôle essentiel sur les plans alimentaire, écologique, social et économique, ce qui en fait l'une des cultures les plus précieuses des oasis.

Dans le Sud-Est algérien, de nombreux cultivars de palmiers dattiers ont été recensés et classés par les phœniciculteurs locaux. Chaque variété de datte se distingue par des critères spécifiques tels que le goût, la forme, la couleur, la méthode de conservation et son utilisation dans l'industrie agroalimentaire (**TIRICHINE, 2010**).

Depuis l'Antiquité, la datte constitue un aliment de base aussi bien pour les humains que pour le bétail, grâce à sa richesse en énergie.

L'Algérie occupe une place importante dans la production mondiale de dattes, se classant au quatrième rang avec une production relativement stable avoisinant 1 million de tonnes. En 2023, celle-ci a atteint 1 320 000 tonnes (**FAOSTAT, 2023**).

Les dattes sont particulièrement riches en sucres et en minéraux, avec une teneur dépassant 50 % de sucre dans la matière sèche pour certaines variétés sèches (**BEN AHMED et al., 2010**). Malgré leur abondance, une part importante des dattes reste inexploitable, atteignant parfois plus de 30 % de la production. Leur transformation offrirait pourtant une opportunité de valorisation considérable (**Ministère de l'Agriculture, 2001**).

Cependant, bien que le secteur phœnicicole soit une ressource vitale pour les régions désertiques, il souffre d'un retard technologique. La transformation et la valorisation des dattes restent encore rudimentaires, malgré la diversité des produits dérivés qui peuvent en découler (**MECHRAOUI et BELKHADEM, 2009**). Ces dernières années, certains pays producteurs, comme l'Irak et l'Arabie Saoudite, ont investi dans la mise en place d'unités modernes de transformation. Toutefois, ces initiatives restent limitées. Les pays développés, quant à eux, ont mis en place des lignes de production sophistiquées permettant d'obtenir une large gamme de produits transformés.

Les opportunités de valorisation des dattes sont nombreuses : farines issues des dattes sèches, jus, sirops, confitures, alcool, vinaigre, etc. (**KHELIFA, 2012**). L'une des traditions ancestrales des populations sahariennes est la fabrication domestique du vinaigre à partir des dattes, notamment des variétés communes à faible valeur commerciale. Ce savoir-faire artisanal confère au produit des qualités organoleptiques et thérapeutiques distinctes, absentes des vinaigres industriels (**OULED EL HADJ et al., 2001**).

Face à ce constat, le présent travail s'oriente sur l'étude des caractéristiques physico chimiques, biochimiques et activité antioxydante des vinaigres traditionnels élaborés à partir de deux variétés (**Hmira, Bamakhlouf**) cultivées dans la région d'Adrar.

Cette étude comprend 2 parties essentielles :

La première partie une étude bibliographique qui contient deux chapitres :

Chapitre 01 : généralités sur le vinaigre.

Introduction

Chapitre 02 : vinaigre traditionnel des dattes

La deuxième partie une étude Expérimentale a été consacrée aux deux chapitres :

Chapitre 03 : Matériels et Méthodes

Chapitre 04 : Résultats et discussions.

Chapitre I : généralité sur vinaigre

1.1 Historique

Le vinaigre a été connu par la plupart des anciennes civilisations. Il est utilisé comme condiment, comme agent de conservation...etc. **En 1968 Pasteur** fut la première à démontrer que l'acide acétique provenait bien de l'oxydation de l'éthanol par des microorganismes (**Mycoderme aceti**). Et par la suite, Hansen a démontré en 1879 la présence de plusieurs espèces bactériennes fait l'oxydation de l'éthanol. **En 1899, Beijerinck** proposa le nom du genre Acétobacter (**Bourgeois et l'arpent, 1996**).

1.2 Définition et réglementation du vinaigre

Etymologiquement de vin et aigre, c'est du vin rendu aigre par développement de bactéries. Par extension est appelé vinaigre tous produit obtenu par fermentation acétique de boissons ou de dilution alcoolique. La plupart des vinaigres sont fabriqués à partir d'alcools divers mélangés à de l'eau (**Divie C., 1989**). Le vinaigre est un liquide préparé à partir d'une matière appropriée contenant de l'amidon ou des sucres, selon le procédé biologique de la double fermentation alcoolique et acétique **Cacqe, (2002)**.

Selon le codex alimentaire : Le vinaigre est un produit liquide, propre à la consommation humaine, préparé exclusivement à partir d'une matière première appropriée contenant de l'amidon ou des sucres, ou de l'amidon et des sucres, selon le procédé de la double fermentation alcoolique et acétique Il renferme une quantité spécifiée d'acide acétique ; il peut contenir des ingrédients facultatifs.

"Le vinaigre d'alcool est un vinaigre obtenu par fermentation acétique à partir d'alcool de distillation."
(ALINORM 85/19, codex Alimentarius, 1985)

Dans la législation Algérienne de même que la norme régionale européenne pour le vinaigre : Le vinaigre est le liquide propre à la consommation humaine, préparé exclusivement à d'une matière appropriée contenant de l'amidon et/ou des sucres, selon le procédé de la double fermentation alcoolique et acétique.

La teneur totale en acide : pour vinaigre de vin minimum 60g/l et 50g/l pour les autres vinaigres et pas plus de la peut obtenir par fermentation biologique.

La teneur en alcool résiduel maximum 0,5% v/v, sauf pour le vinaigre de vin maximum 1% v/v

La teneur totale minimal en ext sec soluble à l'exclusion des sucres, du sel d'ajout est fixé à 1,3 g par 1000 ml pour 1% d'acide acétique pour les vinaigres de vin et a 2 g/l pour 1% d'acide pour les vinaigres de vin de fruits **(JOURNAL OFFICIEL ALGERIENNE, 1995)**.

1.3 Principaux types de vinaigres

Les différences entre ces variétés (vinaigre) sont surtout liées à la matière première de départ, nous pouvons citer (**Bourgeois et l'arpent, 1996**).

1.3.1 Vinaigre de vin

La gamme des vinaigres de vin peut être aussi riche que celle des vins qu'ils soient blancs, rouges ou rosés, ils donnent tous du vinaigre (**PIERRE, 2008**). Le meilleur vinaigre de vin est celui ayant subi un vieillissement de 6 mois à une année. Il est beaucoup plus cher (**GRELON, 2005**).

1.3.2 Vinaigre de cidre

Il se fabrique comme le vinaigre de vin, mais avec du cidre. Apprécié pour ses vertus médicinales et son goût, son degré d'acidité est plus bas que la plupart des vinaigres de vin (5"). Réalisé avec des pommes entières, c'est le vinaigre le plus riche en composants essentiels comme les sels minéraux et les enzymes (**PIERRE, 2008**).

1.3.3 Le vinaigre de riz

Le vinaigre de riz produit en Asie est obtenu après saccharification de l'amidon de riz et fermentation alcoolique (**kuraiwa, 1977**). Suivant les pays, il peut se présenter sous différentes formes de couleur rouge, piquant et aigre en chine, souvent blanc, moelleux, doux et parfumé au **Japon (Grelon, 2005)**.

1.3.4 Vinaigre de malt

Élaboré avec du jus d'orge germée, il est souvent coloré, comme d'autres vinaigres, avec du caramel. Les vinaigres de céréales sont surtout produits dans les pays scandinaves, en Grande-Bretagne et aux États-Unis (**PIERRE, 2008**).

1.3.5 Vinaigre blanc ou cristal

Habituellement fabriqué à partir d'alcool de betterave. Naturellement incolore, il est destiné à des emplois domestiques (**PIERRE, 2008**).

1.3.6 Vinaigre de moût de raisin

Le meilleur exemple de cette catégorie de vinaigres est le vinaigre balsamique. Il est moins liquide que la plupart des vinaigres. Sa substance sirupeuse possède une saveur agréablement fruitée. Il peut entrer dans la composition de vinaigrettes traditionnelles et s'associe harmonieusement à l'huile d'olive (**PIERRE, 2008**).

1.3.7 Vinaigre de glucose

Il est obtenu par l'acétification du liquide alcoolique provenant de la fermentation d'une solution de glucose commerciale. Ces vinaigres ont une acidité de 42 à 60 g/l (**ARAB et GUEZZOUN, 2003**).

1.3.8 Vinaigre de petit lait

Fabriqué au moyen du sérum du lait enrichi de la quantité de sucre nécessaire pour obtenir un vinaigre d'acidité normale. C'est un liquide légèrement teint en jaune ombré avec une saveur agréable (**SBIHI, 1996**).

1.4 Domaines d'utilisation du vinaigre

1.4.1 Utilisation en cuisine

Les préparations culinaires à base de vinaigre ont été très nombreuses, conservation de la viande, de poissons, des légumes, des fruits de saison, de gâteaux, des épices. Les romains aussi développèrent son utilisation comme boisson additionnée d'eau ou d'un mélange d'eau et d'œufs (**AMARA, 2005**).

Le vinaigre est un condiment par lui-même et il est souvent utilisé lors de macération des légumes et ajouté au moutard, aux ketchups et aux mayonnaises (**BOUREOIS et LARPENT, 1996 ; ANONYME, 2007 ; XU et al., 2007 ; SAKANAKA et ISHIHARA, 2008**).

Dans la vie quotidienne, l'acide acétique, constitue un excellent détartrant, il sert également pour rincer les lainages et il peut remplacer de nombreux produits d'entretien sans porter atteinte l'environnement **(BOUKHIAR, 2009)**.

1.4.2 Utilisation domestique :

Au XVIII^e siècle, les dames utilisent le vinaigre pour leurs bains, leurs toilettes. Le vinaigre est un acide ce qui lui permet d'être un bon détartrant, il est aussi utilisé comme désodorisant **(BENAHMED, 2007)**.

1.5 Bénéfices du vinaigre

Vinaigres sont des produits liquides, produits par la fermentation alcoolique et acétique de sources. Ils ont été utilisés comme remèdes dans de nombreuses cultures et ont été signalés à produire des effets bénéfiques pour la santé lorsqu'il est consommé régulièrement. Ces avantages sont dus à divers types de polyphénols, les micronutriments et les autres composés bioactifs présents dans les vinaigres qui contribuent à leurs effets pharmacologiques, parmi eux, des effets antimicrobiens, antidiabétiques, antioxydants, anti obésités et des antihypertenseurs.

Le principal composé volatil dans le vinaigre est l'acide acétique, qui donne le vinaigre son arôme fort, aigre et sa saveur. Autres composés volatils présents dans les vinaigres sont principalement alcools, acides, esters, Aldéhydes et cétones. La diversité des vinaigres permet des applications étendues dans les aliments **(CHIN, 2017)**.

Le vinaigre apparaît utilisé comme fongicide pour protéger les plantes de blé et d'orge ou des semences de légumes (carottes, tomates ...). D'autres applications ont été tentées, mais les premiers essais ont révélé une phytotoxicité importante, généralement à partir de 5% en masse. Ceci qui n'est pas étonnant puisque le composé actif, l'acide acétique, est inscrit à la Directive CE 91/414 en tant qu'herbicide **(PATRICE et COULOMBEL, 2012)**.

Chapitre II : Vinaigre traditionnel des dattes

2.1 Définition des dattes

La dattes, fruit du palmier dattier, est une baie ayant une seule graine communément appelé noyau. L'anatomie montre que ce fruit est constitué de trois tissus (Espiard, 2002 ; Dowson et Aten, 1963 ; Munier, 1973 ; Peyron et Gay, 1988). Une enveloppe fine cellulosique, l'épicarpe ou peau, le mésocarpe est plus ou moins charnu et de consistance variable. Il présente une zone périphérique de couleur plus soutenue et de texture compacte ainsi qu'une zone interne de teinte plus claire et de texture fibreuse, l'endocarpe est réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau. Le péricarpe, le mésocarpe et l'endocarpe sont confondus par les conditionneurs sous l'appellation chair ou pulpe (Munier, 1973)

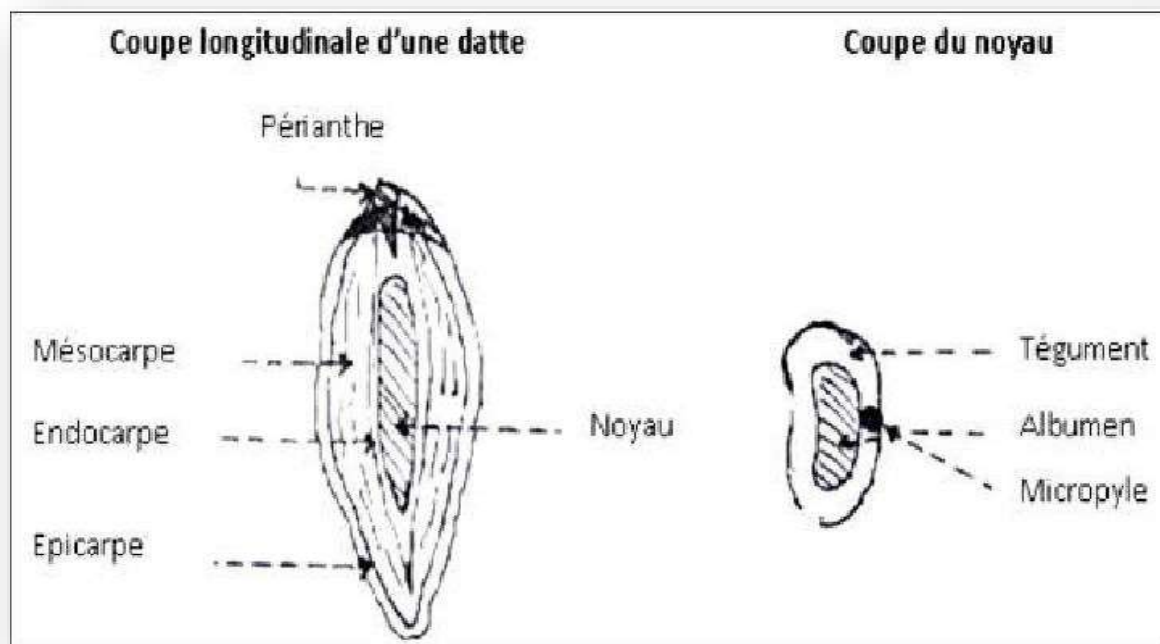


Figure n°01 : Coupes longitudinales d'une dattes et de son noyau du palmier dattier d'après (Belguedj, 2001).

Classification des dattes :

La consistance ou la texture des dattes varie selon les cultivars. Selon cette caractéristique, les dattes sont réparties en trois catégories (ESPIARD, 2002).

Dattes molles : L'humidité supérieure ou égale à 30%. Elles renferment des sucres réducteurs (fructose, glucose) (Chars, Hamraia, Litima...etc.)

Dattes demi-molles de 20 à 30% d'humidité, Elles occupent une position (Deglet-Nour), c'est une dattes à base de saccharose par excellence (COOK et FURR, 1952).

Dattes sèches : dures, avec moins de 20% d'humidité, riche en saccharose. Elles ont une texture farineuse (Mech-Degla, Degla Beida...etc.).

Selon Estanove,1990 les dattes sont classées en trois catégories en fonction de leur importance économique (figure 03)

1. Dattes nobles : destinées à l'exportation et à la commercialisation à l'échelle nationale.

2. Dattes communes : destinées à la consommation locale ou à l'alimentation du bétail.

3. Dattes non consommées : représentent les cultivars de faible valeur marchande destinés à l'alimentation animale ou perdues. Les sous-produits de dattes selon (BOUABDALLAH, 1990)

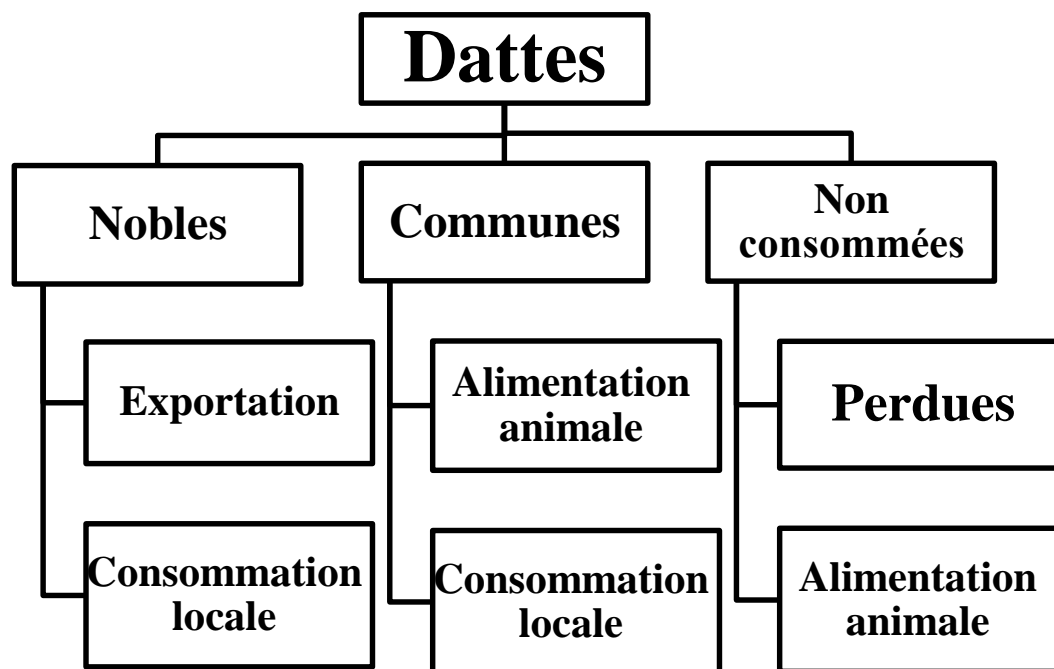


Figure 3 : Classification des dattes (ESTANOVE, 1990)

2.3) Composition biochimique

2.3.1) La chair

La chair de la datte mûre est composée de sucre, d'eau et de lipides de protéines et d'éléments minéraux. Elle est essentiellement riche en eau et en sucre qui confère à la datte -1. Sa texture et la consistance de sa chair (ESTANOVE, 1990., DJERBI, 1994)

2.3.2) Graine

La graine ou noyau de datte a une forme allongée, une proportion et grosseur variable par rapport à la datte entière, c'est une caractérisation déterminante dans la qualité d'une variété. En effet, elle représente 7 à 30% de la masse de la datte (DJERBI, 1994).

Il est composé d'un album en blanc, dur et corné protégé par une enveloppe cellulosique (ESPIARD, 2002)

2.3.3) Teneur en eau :

L'humidité est un élément essentiel pour le développement de la datte. (NAHILI, 2006). La teneur en eau est en fonction des cultivars (Tableau II), du stade de maturation et du climat. Elle varie de 8 à 30% du poids de la chair fraîche avec une moyenne d'environ 19% (NOUI, 2007).

Chapitre II : Vinaigre traditionnel des dattes

D'après **MUNIER (1973)**, la teneur en eau varie d'une classe à une autre. Les dattes de consistances molles ont une humidité supérieure à 20%, par contre les dattes sèches ont une humidité inférieure à 20%. Les dattes de consistance demi-molles ont une humidité variante entre 20-30 %.

Tableau I : Teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes (BELGUEDJ,2002)

Class	Variétés	Teneur en eau %
Dattes molles	Ghars	25.4
Dattes demi-molles	Deglet-Nour	22.6
Dattes sèches	Mech-degla	13.7

2.3.4) Sucres

La teneur en glucides varie généralement en fonction du cultivar, de la consistance et des stades de maturation. De façon générale les dattes molles sont caractérisées par une teneur élevée en sucres réducteurs (glucose, fructose) et les dattes sèches par une teneur élevée en saccharose (**NOUI, 2001**). Selon **AL-SHAHIB et MARSHALL (2003)**, le contenu en sucres totaux de la datte varie entre 44 et 88% du poids de la pulpe fraîche. Elle est comprise entre 50 à 80% de la pulpe fraîche pour les sucres totaux avec des proportions qui peuvent atteindre jusqu'à 60% du poids de la pulpe fraîche en saccharose et 17 à 80% pour les sucres réducteurs (**SIBOUKEUR, 1997**).

2.3.5) Protéines

La datte ne renferme qu'une faible quantité de protéines variant entre 0.38 à 2.5% par rapport à la matière fraîche (**NOUI, 2001**). **AL-SHAHIB et MARSHALL (2003)** Or apportent des teneurs plus élevées allant de 2.3% à 5.6% du poids frais (**cité in BEN SAYAH 2014**). Ces protéines se caractérisent cependant par un bon équilibre en acides aminés essentiellement ceux indispensables. **FAVIER et al. (1995)**. Ces auteurs notent la présence dans la datte des acides aminés suivants, Isoleucine, leucine, lysine. Méthionine, cystine, phénylalanine, tyrosine, thréonine, tryptophane, valine, arginine, histidine, alanine, acide aspartique, acide glutamique, glycolle, proline et sérine (les acides aminés soulignés sont indispensables chez l'Homme et les O2 en gras et soulignés indispensables chez l'enfant). Les protéines de la datte sont équilibrées qualitativement, mais en faible quantité (**TABIB, 1999**)

2.3.6) Fibres

La datte est riche en fibres, elle en apporte entre 8.1 à 12.7% du poids sec du fruit (**Al-Shahib et Marshall, 2003**). Selon **Ben Chabane (1996)**, les constituants pariétaux de la datte sont : la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. Les dattes fines, comme la Deglet-Nour, ne contiennent qu'une faible proportion de cette substance, alors que ces proportions sont plus el atteignant parfois plus de 10% dans les dattes communes, particulièrement fibreuses (**1973**).

2.3.7) Acides gras

La datte renferme une faible quantité de lipides. Leur taux varie entre 0,43 et 1,9% du poids frais (**DJOUAB, 2007**). Cette teneur est en fonction de la variété et du stade de maturation.

2.3.8) Sels minéraux

Les minéraux et oligo-éléments sont remarquablement abondants dans ce fruit ; la datte renferme 1.5 à 1.8 g par 100 g. C'est un fruit le plus riche en potassium. (plus de 670 mg par 100 g), en calcium (62 mg) et en magnésium (58 mg) ainsi qu'en fer (3mg). Cuivre, zinc sont également présent à des niveaux intéressants (**ESTANOVE, 1990**).

2.3.9) Vitamines

La pulpe des dattes contient des vitamines en quantités variables avec les types de dattes et leur provenance. En général, elle contient des caroténoïdes et des vitamines du groupe B en quantités appréciables, mais peu de vitamine C (**MUNIER, 1973**).

2.3.10) Arômes

L'identification des composés d'arôme des dattes permet d'apprécier leur qualité organoleptique, elle revêt en outre un intérêt technologique en guidant les industriels dans certains processus de transformation du fruit et de production d'extraits d'arômes à partir des variétés de faible qualité (**HARRAK et al. 2005**).

Selon (**BENCHABANE, 1996**), bien que 95% des constituants être cités ci-dessus, il existe d'autres composés sous forme de traces tels que :

- les acides organiques** : l'acide citrique, l'acide malique.
- les substances volatiles** : l'éthanol, l'isobutanol, l'isopentanol
- Les pigments** : les caroténoïdes, la chlorophylle.

2.4) Elaboration du vinaigre

Les populations sahariennes fabriquent traditionnellement leur propre vinaigre selon des méthodes artisanales transmises de génération en génération. Cette production repose sur un processus de fermentation simple, conférant au vinaigre local des qualités distinctes des versions industrielles. La préparation consiste à mélanger une portion de dattes avec deux portions d'eau, parfois enrichies d'ingrédients variés tels que le blé, l'orge, le harmel, la coriandre, le piment, le sel, des clous en fer, du charbon ou encore de l'huile de table. Le mélange est ensuite versé dans une jarre en terre cuite ou un récipient similaire, scellé hermétiquement à l'aide de gypse ou de fibres de palmier. La fermentation, qui s'étend sur une période de 40 à 50 jours à température ambiante, aboutit à un vinaigre traditionnel après filtration du liquide obtenu (**OULD EL-HADJ et al., 2001**).

2.5) Processus de fermentation du vinaigre des dattes.

La technique d'élaboration du vinaigre traditionnel de dattes est basée sur une double fermentation combinée, anaérobie et aérobie. Cette bioconversion utilise des levures et des bactéries acétiques présentes naturellement dans la datte, ce qui entraîne une production d'éthanol, qui est transformé en acide acétique. Ce procédé diffère du procédé industriel

Les deux réactions biotechnologiques se déroulent en même temps, bien que les exigences des organismes unicellulaires mis en jeu diffèrent en matière d'oxygène (SEBIHI, 1996).

2.5.1) Fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique se déroule en milieu anaérobie. Elle est assurée par des levures du genre *Saccharomyces* à la température ambiante pendant quelques jours (BOURGEOIS *et al.*, 1989 ; LARPENT, 1991). Elle est principalement basée sur la transformation des sucres, essentiellement le glucose et le fructose, qui pénètrent dans la cellule de la levure par diffusion facilitée et subissent une phosphorylation aboutissant à la fin de la fermentation à l'alcool éthylique, mais aussi sur la production de (différents composés qui accompagnent cette production d'alcool et jouant un rôle organoleptique majeur sur la qualité de produit (BOURGEOIS *et al.*, 1989, LARPENT, 1991).

2.5.2) Fermentation acétique

Elle intervient dans la fabrication du vinaigre (GUIRAUD, 1998), assurée par les acétobacters qui oxydent l'éthanol en acide acétique en présence d'oxygène (LAFOURCADE, 1978 ; BOURGEOIS *et al.*, 1989). L'optimum de température pour l'aération se situe entre 30 et 32°C, au-delà de 33°C il y a une suroxydation de l'acide acétique en gaz carbonique et en eau (MARIORELLA, 1985). Les acétobacters sont des bactéries aérobies strictes ou facultatives, donc l'oxygène est nécessaire pour oxyder l'éthanol en acide acétique, et elles tolèrent un pH de 3 à 4. Le degré d'alcool est compris entre 7° et 12°, car au-delà de 12°, l'éthanol se transforme en gaz carbonique et en eau ; pour la fermentation acétique (GUIRAUD *et al.*, 1998).

La transformation de l'alcool en acide acétique est réalisée par des bactéries du genre *Acétobacter*, en présence d'oxygène (GUIRAUD, 1998). Ces bactéries, strictement aérobies, nécessitent une bonne oxygénation pour oxyder l'éthanol en acide acétique. La température idéale pour cette fermentation se situe entre 30 °C et 32 °C. Au-delà de 33 °C, il existe un risque de suroxydation entraînant la transformation de l'acide acétique en dioxyde de carbone et en eau (MARIORELLA, 1985).

Le pH optimal pour les *Acétobacter* est compris entre 3 et 4, et le taux d'alcool initial se situe généralement entre 7° et 12°. Si cette *concentration* dépasse 12°, l'éthanol se dégrade en dioxyde de carbone et en eau, ce qui peut compromettre la fermentation acétique (GUIRAUD *et al.*, 1998).

2.6) Métabolites secondaires

2.6.1) Généralités sur les métabolites secondaires

Les dattes jouent un rôle essentiel dans l'alimentation humaine et dans l'équilibre nutritionnel, en particulier dans les régions arides et semi-arides. Elles contiennent une grande diversité de composés intervenant dans diverses réactions enzymatiques et biochimiques au sein des organismes vivants. On distingue principalement deux catégories de métabolites : les métabolites primaires et les métabolites secondaires (Hartmann, 2007)

Les métabolites primaires sont des molécules organiques présentes dans toutes les cellules végétales et indispensables à leur survie. Ils sont classés en quatre groupes principaux : les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques.

Les métabolites secondaires, quant à eux, ont une distribution plus limitée. Bien qu'ils ne soient pas essentiels à la survie immédiate du palmier dattier, ils jouent un rôle crucial dans la défense de la plante contre les agressions extérieures, et contribuent également aux propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des dattes (Singh, S., et Belkheir, A. 2013)

Ces composés représentent une source précieuse de molécules pour l'homme dans des domaines variés tels que la pharmacologie et l'agroalimentaire (Jean et al., 2005).

Les métabolites secondaires sont biosynthétisés naturellement par les plantes mais ne participent pas directement à leur métabolisme de base (Guillaume et Charrouf, 2005). Ils sont classés chimiquement en plusieurs groupes, notamment les polyphénols (ou composés phénoliques), les alcaloïdes et les terpènes (Lutge et al., 2002). Chaque classe comprend une grande variété de composés aux activités biologiques étendues (Li, 2007), incluant des propriétés antibactériennes, anticancéreuses, antifongiques, anti-inflammatoires, gastro-intestinales et antioxydantes (Harborne, 1998 ; Bruneton, 2009).

Les métabolites secondaires se trouvent dans tous les produits végétaux, mais leur distribution varie en fonction de leur rôle et d'une espèce à l'autre. Parmi les principales familles de métabolites secondaires, on distingue :

2.6.2) Polyphénols

Les dattes sont riches en polyphénols, des phyto-micronutriments issus du métabolisme secondaire. Ces composés, caractérisés par un ou plusieurs cycles aromatiques portant des groupements hydroxyle libres ou glycosylés, jouent un rôle important dans la protection du fruit contre les stress environnementaux et les agents pathogènes. Les polyphénols présents dans les dattes, notamment les flavonoïdes, les acides phénoliques et les tanins, contribuent également à leurs propriétés antioxydantes, à la maturation du fruit et à ses qualités sensorielles (coloration, astringence) (Allaith, 2008 ; Biglari et al., 2008 ; Al-Farsi & Lee, 2008).

2.6.3) Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent une classe de métabolites secondaires largement répandue dans le règne végétal. Ces pigments quasi universels sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Ils forment un groupe de plus de 6000 composés naturels (Ghedira, 2005).

Le terme "flavonoïde" dérive du latin "**flavus**", signifiant jaune, car ces composés donnent les pigments jaune, orangé et bleu aux fleurs (Verbois, 2015).

2.6.4) Tanins

Les tanins sont des substances phénoliques polymériques dont la masse moléculaire se situe entre 500 et 3000 daltons. Outre les réactions classiques des phénols, ils ont la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines. Les tanins sont caractérisés par une saveur astringente et se trouvent dans toutes les parties de La plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (Formica et Regeson, 1995). On distingue habituellement deux groupes de tanins chez les végétaux supérieurs, différant par leur structure : les tanins hydrolysables (esters d'acides phénols et de glucose) et les tanins condensés (polymères également appelés proanthocyanidines) (Bruneton, 1999 ; Ben Abbes, 2011)

2.6.5) Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances organiques d'origine végétale, azotées et à caractère alcalin. Bien que beaucoup soient toxiques (comme la strychnine ou l'aconitine), certains sont utilisés en médecine pour leurs propriétés analgésiques (morphine, codéine), dans les protocoles de sédation (anesthésie, atropine) souvent Associés à des hypnotiques, ou comme agents antipaludéens (quinine, chloroquine) ou anticancéreux (taxol, vinblastine, vincristine) (**Muanda, 2010**).

2.6) Activités biologiques des métabolites secondaires

2.6.1) Activité antioxydantes

Généralités

L'oxygène est indispensable à la vie des organismes multicellulaires, car il permet la production d'énergie par l'oxydation de la matière organique. Cependant, ce processus métabolique génère également des dérivés toxiques de l'oxygène : les radicaux libres (**Bratt, 2000**). L'oxydation est un mécanisme fondamental pour de nombreux organismes, fournissant l'énergie nécessaire aux processus biologiques essentiels tels que le renouvellement cellulaire et la croissance (**Koechlin-Ramonatxo, 2006**).

2.6.2) Stress oxydatif

Le stress oxydatif se définit comme un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (**ERO**) et les capacités de défense antioxydantes de l'organisme (**Favier, 1997**). Ce déséquilibre peut être induit par de nombreux facteurs environnementaux et comportementaux, notamment les polluants atmosphériques, la contamination de l'eau et des aliments, les rayons ultraviolets du soleil, diverses radiations et le tabagisme. De plus, une mauvaise nutrition, une consommation excessive d'alcool et de médicaments, les maladies inflammatoires et un exercice physique intense peuvent également augmenter considérablement la présence de radicaux libres dans l'organisme (**Koechlin-Ramonatxo, 2006 ; Krishnaiah et al., 2011 ; Thanan, Oikawa et al., 2015**).

Un radical libre est une molécule ou un atome possédant un ou plusieurs électrons non appariés sur sa couche externe, ce qui lui confère une forte instabilité et une grande réactivité. Cette présence d'électron(s) célibataire(s) les pousse à réagir avec d'autres molécules pour retrouver leur stabilité, initiant ainsi un processus d'oxydation (**Finaud et al., 2006 ; Mac Laren, 2007**).

2.6.3) Les antioxydants

Les antioxydants sont des molécules capables de neutraliser les radicaux libres, impliqués dans le développement de nombreuses maladies. Ces composés inhibent ou ralentissent le processus d'oxydation en bloquant l'initiation ou la propagation des réactions en chaîne oxydatives (**Behera et al., 2006**). Les antioxydants, qu'ils soient naturels ou synthétiques, sont utilisés pour réduire le risque de maladies chroniques telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires (**Harborne et Williams, 2000**), ainsi que le vieillissement prématuré, tous liés à une production excessive de radicaux libres. Ils sont également employés dans l'industrie alimentaire pour prévenir la détérioration, le rancissement ou la décoloration souvent causés par l'oxydation induite par la lumière, la chaleur, etc. (**Obame Engonga, 2009**).

2.6.4) Principe d'action des antioxydants

L'oxydation est fréquemment une réaction en chaîne. Les antioxydants interviennent en interrompant cette chaîne, empêchant ainsi les radicaux libres d'attaquer les cellules de l'organisme. Ils se lient aux radicaux Libres et réagissent avec eux par une réaction d'oxydation, ce qui les rend inoffensifs et stoppe leur capacité à oxyder d'autres molécule (Fettah, 2019)

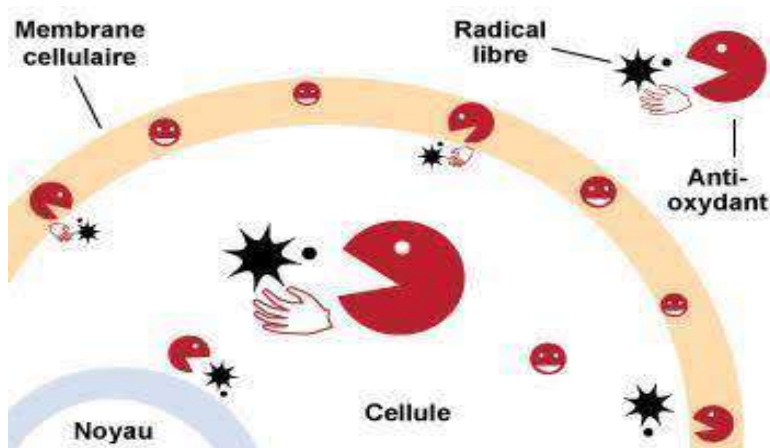


Figure 04 : Représentation schématique du principe d'action des antioxydants (Fettah, 2019)

Chapitre III : Matériels et Méthodes

3.1) Objectif d'étude

L'objectif principal de la présente étude est de procéder à une caractérisation physico-chimique et d'évaluer l'activité antioxydantes de vinaigres traditionnels de dattes élaborés à partir de deux variétés dans la région d'Adrar.

3.2) Présentation de la zone d'étude

Les échantillons sont récoltés à partir de la région d'Adrar Ce choix est orienté car c'est une ancienne localité ayant des traditions jadis du savoir-faire locale en matière de vinaigre traditionnel. Elle représente une zone phoenicicole par excellence.

3.3) Matériel végétal

En vinaigrerie traditionnelle, le choix de la matière première est capital car il joue sur la qualité du produit fini. Le choix des variétés de dattes, est orienté par leur disponibilité, leur abondance et leur appréciation pour la fabrication de vinaigre traditionnel.

Les deux types de vinaigres traditionnels étudiés ont été élaborés à partir des variétés de dattes H'MIRA et BAMEKHLLOUF

3.4) Matériel biologique

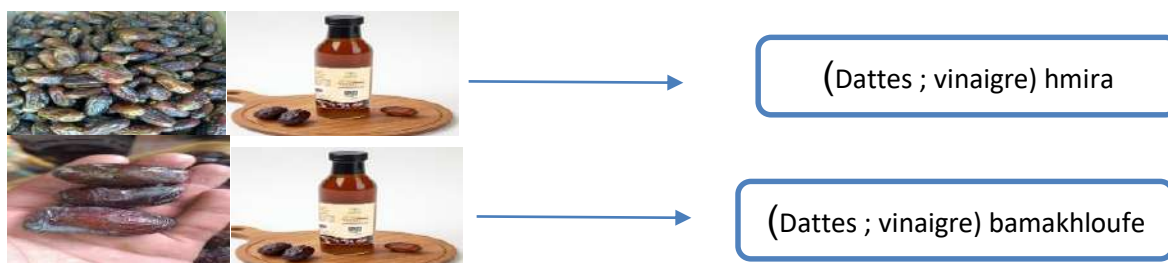
Des levures et des bactéries acétiques présentes naturellement dans la datte. Celles-ci entraînent une production d'éthanol qui est transformé en acide acétique (**OULD EL HADJ et al., 2001**)

Le micro-organisme mis en jeu pour la production traditionnelle du vinaigre est une multitude de la flore bactérienne. La fabrication du vinaigre est un processus à double fermentation nécessitant les microorganismes

3.5) Méthodologie d'échantillonnage

Pour la présente étude, les échantillons sont recueillis des zones où se produit le vinaigre traditionnel dans la région d'Adrar, qui consomme du vinaigre de dattes. Par conséquent, les échantillons analysés ont été choisis au hasard. Ces vinaigres sont élaborés à partir de deux variétés de dattes, Hmira et le Bamakhlouf.

Les échantillons de vinaigres sont transférés dans des flacons en verre stérilisés, étiquetés et conservés à température ambiante avant l'examen (PHOTO).



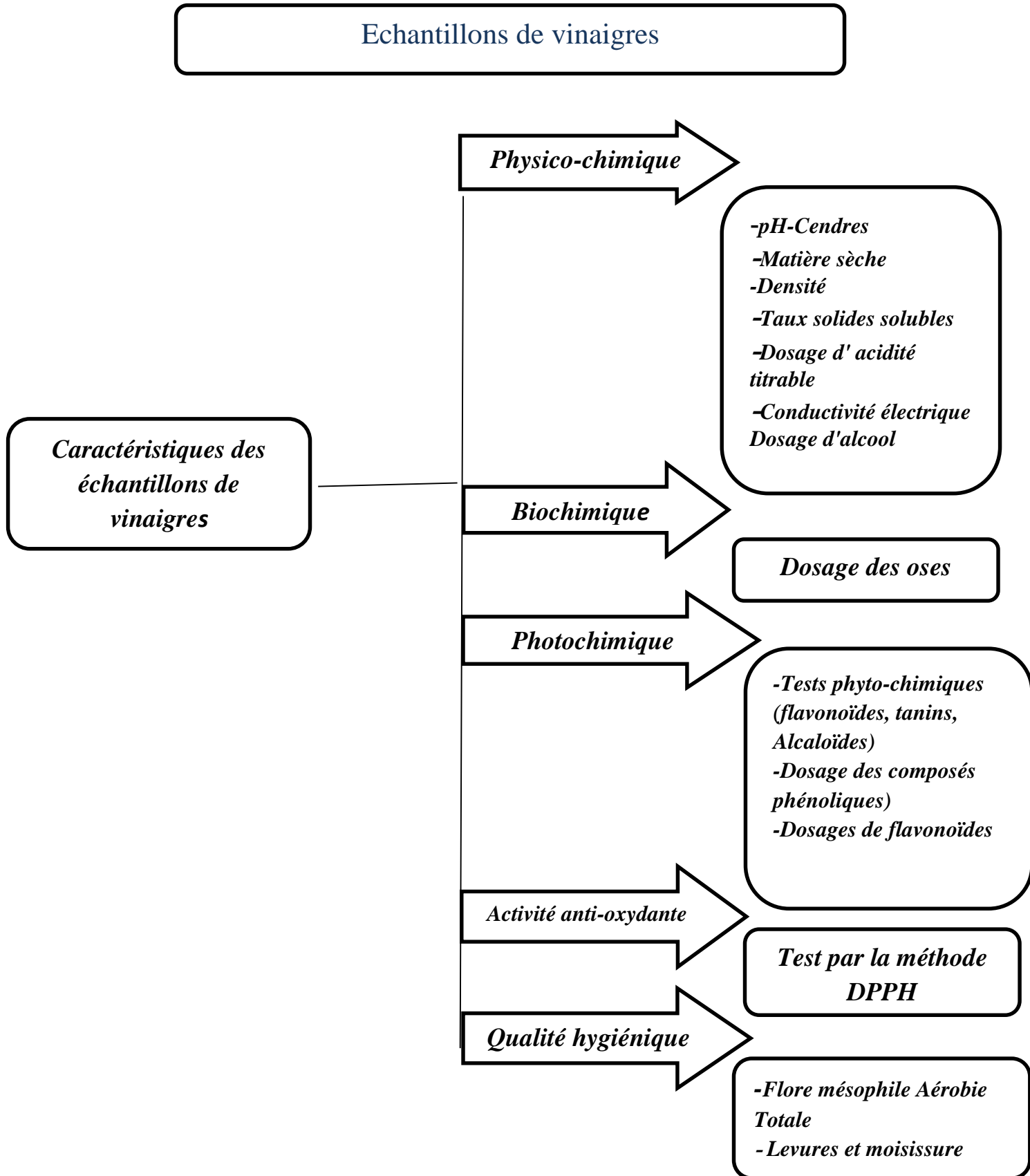


Figure 6 : Procédure des analyses physicochimique et activité antioxydantes du vinaigre

3.6) Analyses physicochimiques

3.6.1) Détermination du pH

La mesure du pH repose sur l'immersion de l'électrode d'un pH-mètre préalablement étalonné dans un bécher de 50 ml contenant l'échantillon de vinaigre. La valeur du pH est ensuite lue directement sur l'appareil (**Dahmani et Rebbouh, 2009**).

3.6.2) Teneur en matière sèche (MS)

La matière sèche correspond au résidu obtenu après l'élimination de l'humidité d'un produit alimentaire par chauffage dans une étuve à 105 °C jusqu'à stabilisation du poids (**Bacha, 2008**).

La teneur en matière sèche (MS) est déterminée selon la formule suivante :

$$MS = (M_2 - M_1) / (M_1 - M_0) \times 100$$

M_0 . Masse de la capsule vide (g)

M_1 . Masse de la capsule contenant l'échantillon avant séchage (g)

M_2 . Masse de la capsule contenant l'échantillon après séchage (g)

3.6.3) Taux de solides solubles (TSS)

Le taux de solides solubles (TSS), exprimé en degrés Brix, est mesuré à l'aide d'un réfractomètre d'Abbe (Novex Holland). La valeur du TSS est obtenue par lecture directe sur l'échelle correspondante de l'appareil (**Audigie et al., 1994**).

3.6.4) Détermination de la densité

La densité fournit des informations essentielles sur l'état physique d'un produit, en prenant en compte la proportion de matières solides et la viscosité. Elle est d'une importance capitale pour évaluer l'influence des conditions physiques du milieu sur le développement des micro-organismes (**Guiraud, 1998**). La mesure de la densité est réalisée par densimétrie à une température de 20 °C.

3.6.5) Taux des cendres

Les cendres totales permettent de juger la richesse en éléments minéraux et la composition minérale du produit. L'analyse repose sur l'incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organique suivie d'une pesée du résidu obtenu (**AFNOR V 18-101, 1997 cités par GOURCHALA, 2015**).

Les cendres sont exprimées en pourcentage selon la formule suivant.

$$C\% = (M_2 - M_1) / (M_1 - M_0) \times 100$$

M_0 : la masse de la capsule vide (g).

M_2 : poids (capsule + cendres) après incinération (g).

M_1 : poids (capsule échantillon) avant incinération (g)

3.6.6) Détermination de la conductivité électrique

Le principe consiste à introduire dans un bêcher de 50 ml le vinaigre l'électrode d'un conductimètre préalablement étalonné par le KCl (0,02 N) et à lire directement la valeur de la conductivité électrique (ms/cm) (DAHMANI et REBBOUH, 2009).

3.6.7) Dosage de l'acidité titrable

L'acidité totale est dosée par titrimétrie avec de la soude à 0,1 N en présence de phénol phtaléine comme indicateur coloré.

L'acidité du vinaigre est principalement due à la présence d'acide acétique et de petites quantités d'autres acides proviennent de matières premières ou sont générées par la fermentation (AUGIAR et al, 2005) La concentration en acidité est exprimée en g/L avant de réaliser le dosage, on a procédé à une dilution au 1/10 du vinaigre étudié La concentration en acide acétique est exprimée en g/l par la formule suivante :

$$C_{(g/l)} = (V_B \times 0,1) / (V_a) \times 10 \times 60$$

V_B : Volume de la soude versé en ml.

V_a : Volume de la prise d'essai.

0,1 : correspondant à la normalité de soude.

60 (g/mol): La masse molaire de l'acide acétique

3.6.8) Dosage de l'alcool résiduel

L'éthanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) est le principal produit issu de la fermentation alcoolique réalisée par les levures, son dosage permet d'évaluer la quantité d'alcool n'ayant pas été transformée en acide acétique. La détermination du degré alcoolique se fait par alcoométrie après distillation (Dahmani et Rebbouh, 2009).

Principe de la méthode

1. Distillation de l'échantillon préalablement alcalinisé avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4N.
2. Détermination du titre alcoométrique du distillat par aréométrie à l'aide d'un alcoomètre, à une température de 20 °C

Mode opératoire

1. Prélever un volume de 200 ml de vinaigre à l'aide d'une fiole jaugée.
2. Verser l'échantillon dans le ballon de distillation d'un appareil à entraînement à la vapeur d'eau.
3. Recueillir le distillat dans la même fiole jaugée de 200 ml, jusqu'à atteindre environ les trois quarts du volume initial.
4. Compléter le volume à 200 ml avec de l'eau distillée.
5. Verser le distillat dans une éprouvette cylindrique, en veillant à la tenir verticalement.
6. Introduire un thermomètre et un alcoomètre dans l'éprouvette. Après une minute d'agitation, attendre l'équilibre thermique entre l'éprouvette, le thermomètre, l'alcoomètre et le distillat.
7. Retirer le thermomètre et lire le titre alcoométrique apparent après une minute de repos. Effectuer au moins trois lectures en utilisant une loupe pour plus de précision.
8. La lecture doit être réalisée à une température de 20 °C (**Anonyme, 2009**)

3.7) Analyses Biochimiques

3.7.1) Dosage des Oses Totaux

La quantification des oses totaux dans les échantillons de vinaigre est réalisée selon la méthode de **Dubois (1956)**.

. Principe

Sous l'effet de la chaleur et en milieu acide, les liaisons glycosidiques sont hydrolysées. La déshydratation des unités osidiques qui en résulte entraîne la formation de dérivés furfuriques. Ces derniers réagissent avec le phénol pour donner des composés colorés allant du jaune à l'orange, dont l'absorbance est mesurée à 492 nm. Pour la quantification, une gamme étalon de glucose est préparée avec des concentrations variantes entre 0,1 et 1 g/L.

Mode opératoire

Dans des tubes en verre, 200 µL de l'échantillon sont mélangés avec 200 µL de phénol à 5 %. Après homogénéisation, 1 ml d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄, 96 %) est ajouté rapidement au mélange. Les tubes sont ensuite incubés à 100 °C pendant 5 minutes, puis laissés à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 30 minutes. L'absorbance est mesurée à 492 nm (**BRUDIEUX, 2007 ; RUIZ, 2005 ; GENESTIE, 2006**).

3.7.2) Screening phytochimique

Le terme de screening désigne une suite de nombreux essais et erreurs. Le screening phytochimique correspond à une technique de criblage qui consiste à la recherche systématique des produits naturels contenus dans les plantes récoltées en faisant de nombreux tests ou essais (Nouioua, 2012). D'après Azzi, (2013), le screening phytochimique regroupe des tests qualitatifs qui permettent de caractériser les différents groupes chimiques tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les saponosides...etc. contenus dans un organe végétal, en utilisant la méthode standard basée sur des réactions de coloration et de précipitation (Houmènou et al., 2018).

3.7.2.1) Test des alcaloïdes

Dans un tube à essai, introduire 0,5 ml de l'extrait à analyser. Acidifier le milieu par quelques gouttes de HCl (1%) et ajouter 0,5 ml de réactif de Mayer. L'apparition d'un précipité blanc ou brun, respectivement, révèle la présence des alcaloïdes (Kumar et al., 2010 ; Benzeggouta, 2015).



Photo-01: Détermination des alcaloïdes

3.7.2.2) Test des Flavonoïdes

La révélation des flavonoïdes est effectuée en traitant 2 ml de vinaigre par 2 ml d'acétate de plomb à 10%, l'apparition d'une couleur verte jaunâtre indique la présence des flavonoïdes (Harbarne, 1973).



Photo-02: Détermination des flavonoïdes

3.7.2.3) Test des anthocyanes

Les anthocyanes sont révélés en mélangeant 1ml de vinaigre avec 3ml d'acide sulfurique H_2SO_4 à 10% et 1ml d'ammoniac NaOH à 10%, si la coloration s'accroît par acidification puis vire au bleu en milieu basique, ceci indique la présence des anthocyanes (Djalla, 2000).



Photo-3 : détermination des Anthocyanes

3.7.2.4) Test des Tanins

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant, à 1ml de de vinaigre, 1ml d'eau et 1 à 2 gouttes de solution de $FeCl_3$ diluée 10 fois. L'apparition d'une coloration vert foncé ou bleu-vert indique la présence des tanins (**Boukhatem, 2017**).

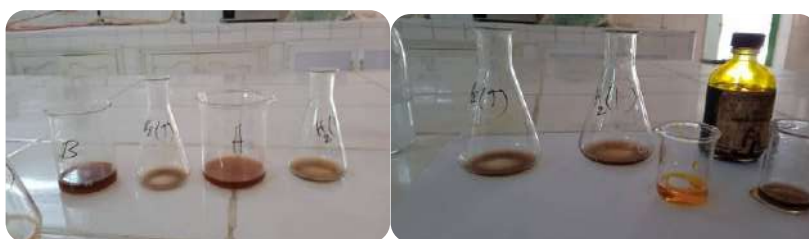


Photo-4 : Détermination des Tanins

3.7.3) Analyse phyto chimique

3.7.3.1) Dosage des composés phénoliques totaux

L'estimation de la teneur en composés phénoliques totaux est réalisée selon la méthode de Folin-Ciocalteu, décrite par **Mansouri (2005)**

Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation des phénols, ce réactif est réduit en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}), comme rapporté par **Benamara et al (2003)**

L'intensité de cette coloration bleue est proportionnelle à la concentration en composés phénoliques présents dans le vinaigre, avec un maximum d'absorption à **760 nm**.

Mode opératoire

- Préparation de la gamme d'étalonnage de l'acide gallique
- Une série de 9 concentrations d'acide gallique, allant de 0 à 0,9 mg/ml, est préparée à partir d'une solution mère de 0,2 ml à une concentration donnée.

Analyse du standard et des échantillons

- a. Dans une première série de tubes, introduire les différentes concentrations de la solution d'acide gallique.

- b. Dans une seconde série de tubes, introduire 1 ml de chaque échantillon à analyser.
- c. Ajouter 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu dans chaque tube
- d. Ajouter ensuite 3 ml de la solution de bicarbonate de sodium.(% V,°)
- e. Agiter puis incuber à l'obscurité pendant 2 heures.
- f. Mesurer l'absorbance à 760 nm.
- g. Un blanc est préparé en remplaçant l'échantillon de vinaigre par 1 ml d'eau distillée, additionnée de 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu et de 3 ml de bicarbonate de sodium à 7,5.%

3.7.3) Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été réalisée selon la méthode décrite par **Hazzit et al (2009)**

Principe.

Les flavonoïdes, possédant un groupe hydroxyle (OH) libre en position 5, sont capables de former un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) par l'interaction de leur groupe hydroxyle avec le groupe carbonyle (CO) du réactif. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des ions métalliques (fer et aluminium). Ce processus implique la perte de deux électrons par l'ion métallique (Al), qui se lie alors à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique, agissant comme donneur d'électrons (**Ben Abbas, 2011**)

Mode opératoire

Un volume de 1 ml de chaque extrait méthanolique, à une concentration de 40 mg/ml, a été mélangé avec 1 ml d'une solution de chlorure d'aluminium ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$) à 10 %. Les deux solutions résultantes ont été incubées à température ambiante et à l'obscurité pendant une heure. La lecture de l'absorbance a été effectuée à 420 nm à l'aide d'un spectrophotomètre .UV/Visible de type UNICAM

Parallèlement, une courbe d'étalonnage a été établie dans les mêmes conditions opératoires en utilisant la quercétine comme standard (concentration variant de 20 à 140 mg/ml)

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalent quercétine par 100 grammes de matière végétale (mg EQ/100g)

3.7.4) Activité antioxydantes

Les antioxydants sont des molécules qui retardent ou stoppent le processus d'oxydation et par conséquence régulent l'équilibre redox cellulaire (**ARUOMA, 1996**). Les antioxydants les plus connus sont les vitamines, comme l'acide ascorbique (vitamineC), le tocophérol (vitamineE) et

le carotène (provitamine A). L'évaluation de la capacité antioxydant des échantillons de vinaigres dans cette étude, est effectuée suivant test 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle (DPPH)

3.7.4.1) Mesure du Pouvoir Anti-Radicalaire par le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)

L'évaluation du pouvoir anti-radicalaire à l'aide du DPPH est une méthode in vitro permettant d'analyser l'activité antioxydantes. Cette analyse peut être réalisée selon deux approches : la première consiste à mesurer la réduction relative du radical DPPH à un temps de référence ou à déterminer la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire 50 % du DPPH. La seconde approche repose sur l'étude de la cinétique de réduction du radical. L'activité antioxydantes est exprimée par le pourcentage d'inhibition, aussi appelé Radical Scavenger Activity (RSA). Cette valeur est calculée en comparant l'absorbance du mélange réactionnel contenant l'antioxydant avec celle d'un mélange témoin exempt d'antioxydant (YOUMBAL, 2015).

3.7.4.1.1) Principe

Le DPPH est un radical libre stable présentant une couleur violette intense. Lorsqu'il réagit avec un antioxydant capable de céder des protons (hydrogène), sa couleur s'atténue progressivement jusqu'à disparaître. Plus cette décoloration est rapide, plus l'antioxydant est considéré comme puissant. Cette perte de couleur est quantifiée par la mesure de l'absorbance à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. CHENG et al., 2013 :

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = (A_0 - A_1/A_0) \times 100$$

A_0 : Absorbance du contrôle (Le contrôle ne contient pas la solution antioxydantes).

A_1 : Absorbance de l'échantillon de vinaigre ou de l'acide ascorbique.

Réactifs

Pour la préparation de la solution de DPPH, 25 mg de DPPH sont dissous dans 80 ml de méthanol, puis complétés avec 20 ml d'eau distillée. La préparation doit être effectuée à l'abri de la lumière. Avant chaque analyse, une dilution de la solution mère est réalisée avec du méthanol jusqu'à obtention d'une absorbance comprise entre 1,1 et 1,2 à 515 nm (YOUMBAL, 2015).

Par ailleurs, une solution mère d'acide ascorbique à 0,1 % est préparée, puis diluée au dixième avec de l'eau distillée afin d'obtenir une série de concentrations nécessaires à l'établissement de la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire

Dans des tubes en verre, 50 μ L de chaque échantillon de vinaigre ou standard sont ajoutés à 1,95 ml de la solution de DPPH. Le mélange est ensuite agité et incubé dans l'obscurité pendant 30 minutes. L'absorbance est ensuite mesurée à 515 nm. Une courbe d'étalonnage est réalisée à l'aide de l'acide ascorbique à 0,01 % (**BOUGANDOURA et BENDIMERAD,2012**)

3.8) Analyses Microbiologiques

L'évaluation de la qualité hygiénique repose sur la connaissance de la flore microbienne présente dans le produit alimentaire. Cette méthode demeure, à ce jour, la meilleure technique pour apprécier la qualité d'un aliment (**Petransxiène et Lapied, 1981**)

Des dénombrements ont été réalisés pour évaluer la flore microbienne, incluant les bactéries acétiques, les levures et les moisissures, sur des milieux sélectifs. En parallèle, une identification de la flore a été menée, accompagnée d'une étude de l'activité antimicrobienne de certaines bactéries présentes dans le vinaigre.

3.8.1) Qualité Microbiologique du Vinaigre.

Dans des conditions favorables, une cellule microbienne présente dans une suspension mère peut se multiplier en quelques heures (pour les bactéries et levures) ou en quelques jours (pour les moisissures).

3.8.2) Recherche de la Flore Mésophile Aérobie Totale

La recherche de la flore mésophile aérobie totale a été réalisée selon la méthode de dilution décimale, jusqu'à 10^{-5} . Pour chaque dilution, trois répétitions ont été effectuées, et la moyenne des résultats a été retenue

Le milieu de culture utilisé est le PCA (Plat Count Agar). Deux couches de ce milieu ont été ajoutées à 1 ml de chaque dilution. L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 24 à 72 heures. Le dénombrement des colonies a été réalisé quotidiennement durant toute la période d'incubation. Seules les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies ont été prises en compte (**Guiraud, 2003**).



Photo-05. Dénombrement de la FMAT des différents échantillons des vinaigres analysés

Le nombre total de bactéries présentes dans la solution mère est ensuite déterminé à l'aide de la formule suivant

$$N_{UFC/ml} = n \times 10 / D$$

N : nombre de bactéries dans la solution mère

n : nombre de colonies comptées sur la boîte

D : facteur de dilution

10: Facteur de conversion

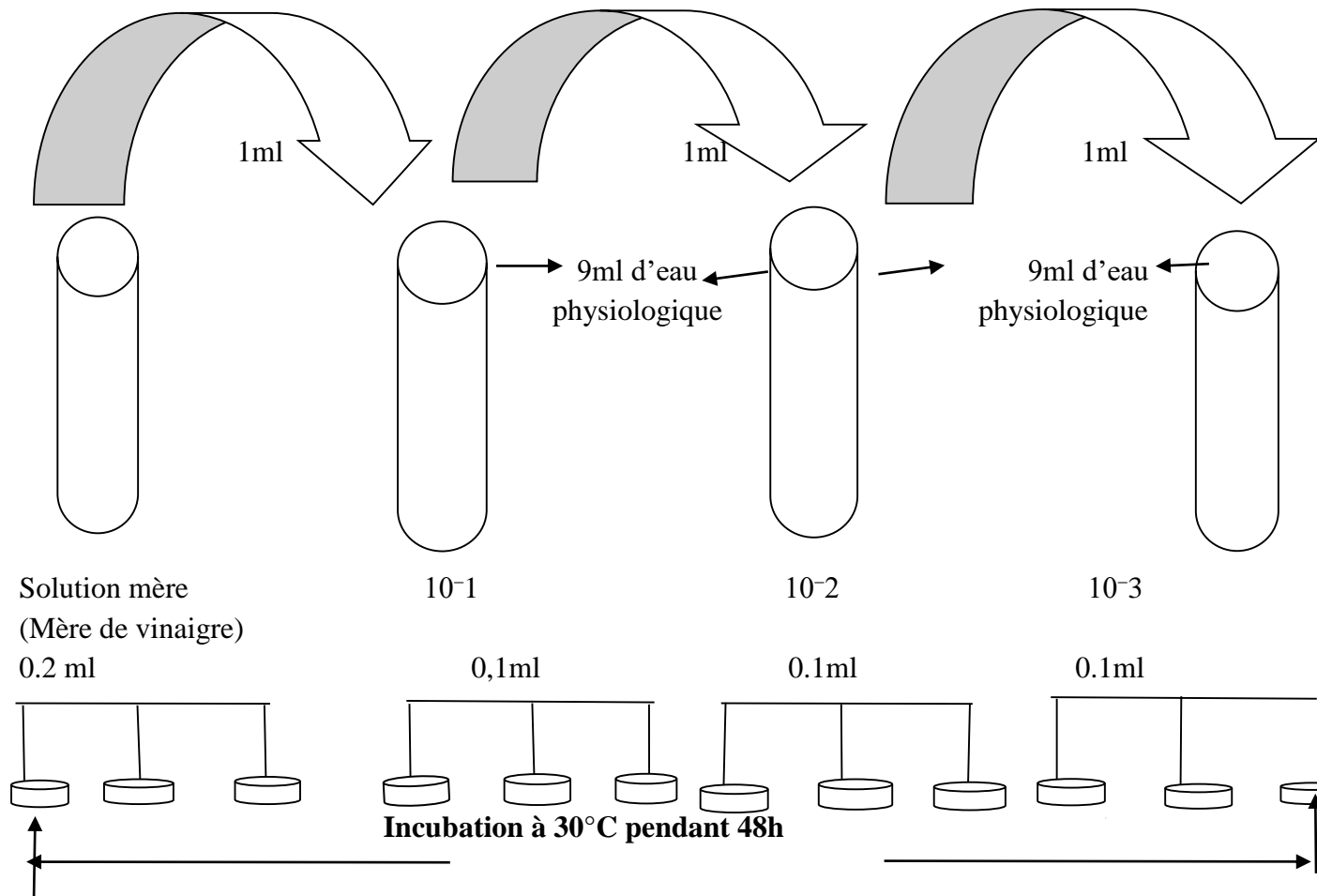


Figure n 7 : Isolement sur milieu PCA à partir de la solution mère et les dilutions décimales jusqu'à 10^3 .

3.8.3) Recherche des levures et des moisissures

La prolifération des levures dans les denrées alimentaires entraîne une altération de leurs qualités marchandes, se manifestant par un trouble visuel et l'apparition d'odeurs désagréables.

Quant aux moisissures, leur développement peut modifier les qualités nutritionnelles et organoleptiques des aliments. Certaines espèces de moisissures sont même capables de produire des toxines (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

Pour la détection de ces micro-organismes, le milieu Sabouraud et PDA (Patato Dextrose Agar) été utilisé. Une aliquote de 0,1 ml de chaque dilution (10) estensemencée et étalée à l'aide d'un râteau stérile, suivie d'une incubation à 25°C pendant 5 jours (**Guiraud, 2003**)

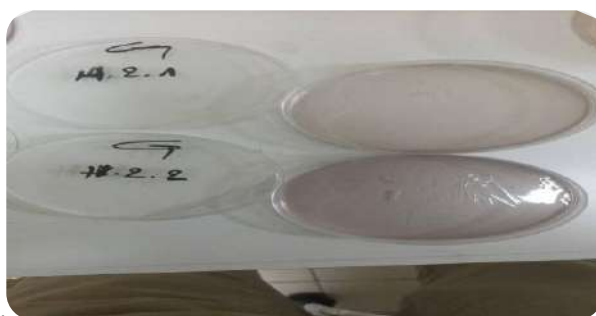


Photo12 : Dénombrement des levures et moisissures des vinaigres analysés

3.9) Analyse statistique

Les données ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS (version 26). Un test t de Student pour échantillons indépendants a été utilisé afin de comparer les moyennes entre les deux types de vinaigres. Le seuil de signification a été fixé à $p < 0,05$.

Chapitre IV : Résultats et discussion

4.1 Résultats des Analyses physico-chimique

Les résultats présentés ont été enregistrés à l'issue de trois répétitions indépendantes de chaque expérience, garantissant la reproductibilité des résultats.

4.1.1 Résultats du PH

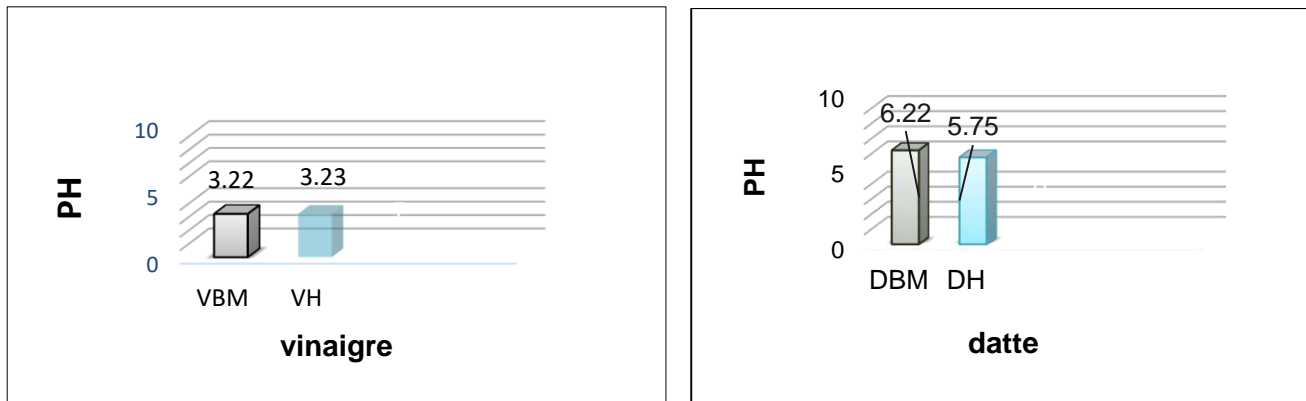


Figure n°13 : PH de deux différents échantillons du vinaigre et de datte

Les valeurs du pH enregistrées pour le vinaigre sont 3.22 et 3.23 respectivement pour VBM et VH, ce faible pH témoigne de l'évolution de l'acidité du milieu, directement liée à l'activité métabolique des micro-organismes acidophiles, comme le soulignent **OULD EL HADJ et al.** (2001). En comparaison avec le pH initial des dattes (5.5 selon **DOWSON et ATEN, 1963**), la diminution observée s'explique par la fermentation acétique induite par ces micro-organismes (**BOUAZIZ et al., 2010**).

Nos résultats (3.22-3.23) concordent avec des études antérieures sur le vinaigre de datte, rapportant des valeurs de pH comprises entre 3.12 et 3.65 (**SEBIHI, 1996 ; BOUAZIZ, 2009**), et se situent à proximité de la norme internationale de pH pour le vinaigre. Des travaux de **DAHMANI ET RABOUH** année indiquent également une fourchette de pH similaire (3,12-3,27)

Cette acidité est attribuable au métabolisme des micro-organismes acidophiles présents dans la matière première (bactéries acétiques et lactiques, moisissures et levures). De plus, la présence naturelle d'acides organiques tels que l'acide malique et citrique contribue à l'acidité originelle du vinaigre (**ANONYME, 1962 ; DOWSON et ATEN, 1963 ; MAAAALLAH, 1970**

4.1.2 Conductivité électrique

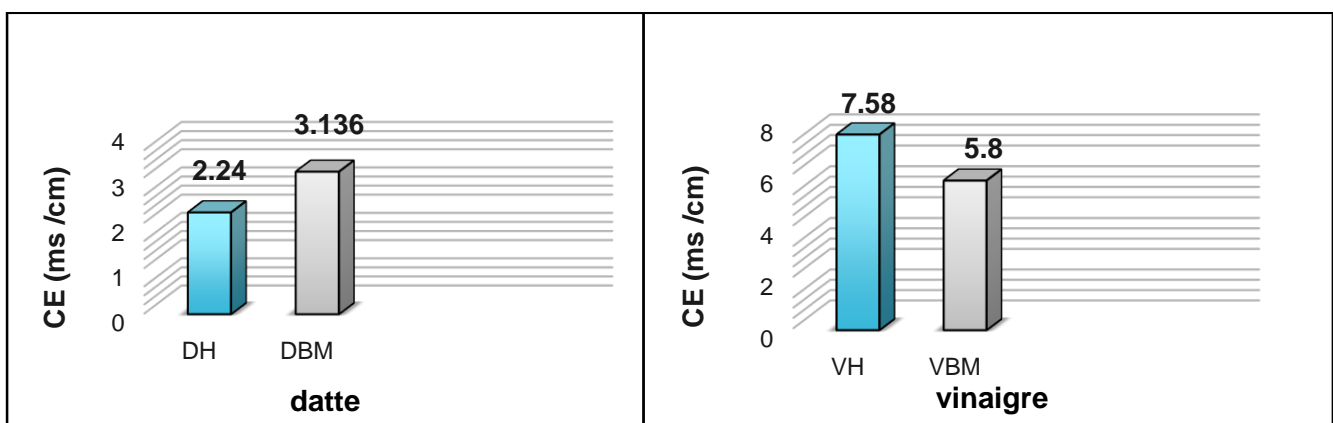


Figure n°14: Conductivité électrique des échantillons du vinaigre

Ces résultats sont comparables à ceux rapportés dans des études antérieures sur le vinaigre traditionnel de dattes, qui indiquaient des valeurs de CE comprises entre 2.88 et 6.29 ms.cm (**SEBIHI, 1996**) et entre 5.1 et 7.3 ms/cm (**BOUAZIZ, 2009**).

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces valeurs de conductivité. La présence de matières minérales dans la datte elle-même, un nettoyage potentiellement incomplet des dattes avant fermentation, et la qualité de l'eau utilisée (eau de robinet, souvent chargée en sels dissous selon **SEBIHI, 1996**) sont des éléments à considérer.

4.1.3) Mesure de la densité

L'analyse de variance indique que la variable "densité" n'est pas significative ($P > 0,05$) pour les échantillons de vinaigre étudiés.

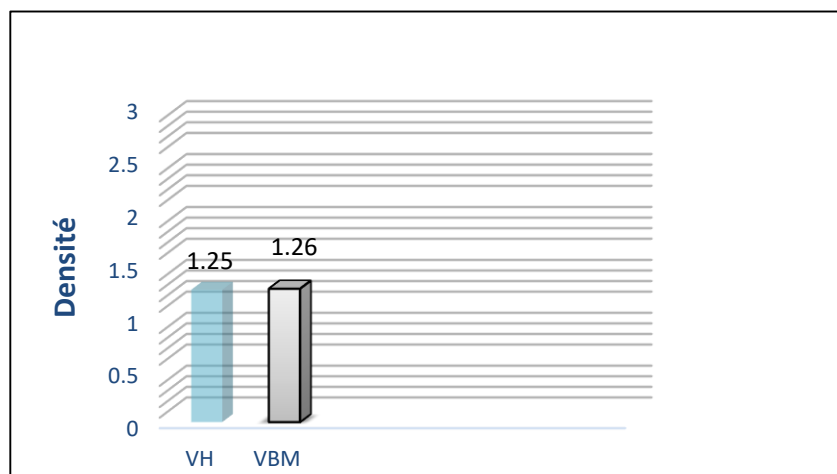


Figure n°15 : Densité des différents échantillons du vinaigre

Ces résultats sont relativement proches de ceux rapportés par **ARAB et GUEZZOUN (2003)** (1,010 à 1,020), ainsi que des valeurs enregistrées par **BENEDDINE et BENTADJ (2009)** (1,018, 1,035, 1,013) et par **DAHMANI et REBBOUH 2009** (1,028, 1,05)

Cependant, nos résultats sont supérieurs à la fourchette de 1,09 à 1,22 rapportée par **SEBIHI (1996)** pour le vinaigre traditionnel de dattes. Cette différence pourrait être due à la présence de matières colloïdales en suspension, qui sont responsables de l'aspect trouble de ces vinaigres.

4.3.3 Taux des solides solubles

Le taux de solides solubles (**TSS**) du vinaigre traditionnel de dattes (H) est de $7,3 \pm 0,00 \%$. On observe que le vinaigre (BM) présente un taux de solides solubles plus faible, égal à $5,8 \pm 0,00 \%$.

La Figure illustre les résultats du TSS pour les différents échantillons de vinaigre

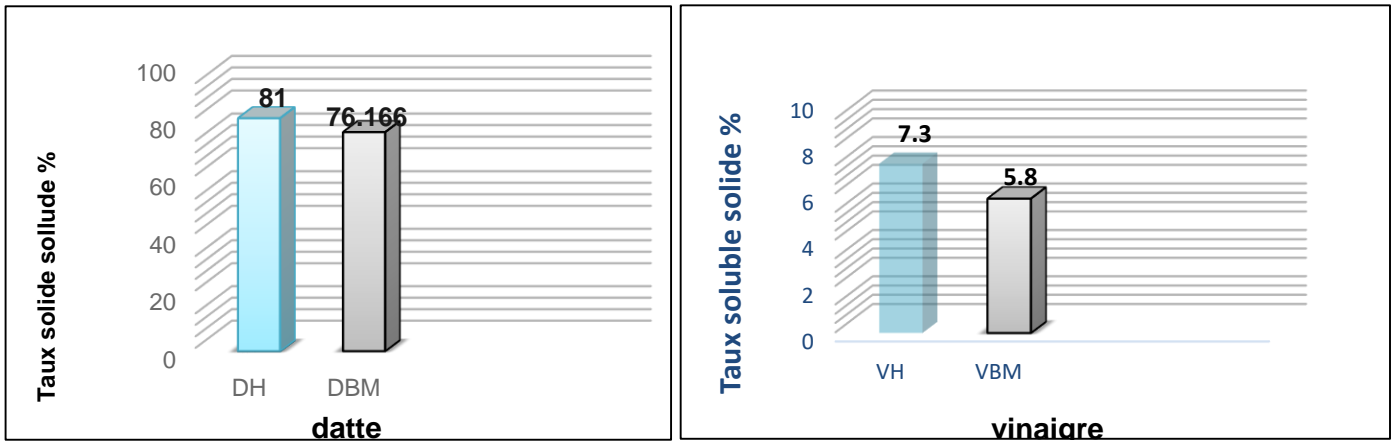


Figure n°16 : Taux de solides solubles de deux différents échantillons de dattes et du vinaigre

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par SEBIHI (1996) pour le vinaigre traditionnel de dattes, qui se situaient entre 5 et 10 %. Le TSS est un indice qui indique le rapport entre la vitesse de la lumière dans un milieu donné et sa vitesse dans le vide (ALLEMAN *et al.*, 1983). Il varie proportionnellement à la concentration de la substance dissoute : plus un milieu est concentré, plus la vitesse de la lumière y diminue (AUDIGIE *et al.*, 1984).

4.1.3 Cendres

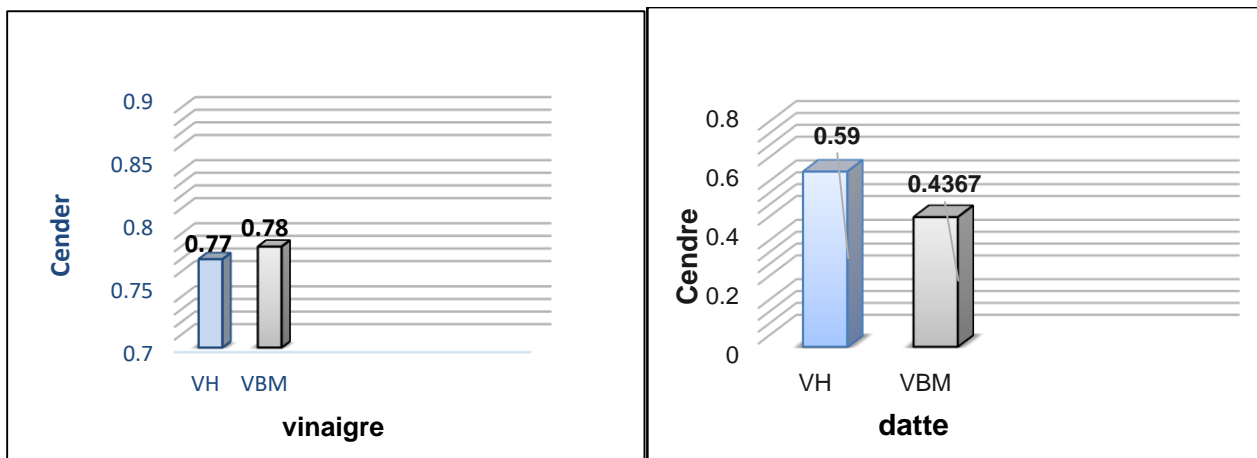


Figure n°17 : Teneur en cendres des différents échantillons de dattes et du vinaigre

Elles sont nettement inférieures à celles observées par OULD ELHADJ *et al.* (2001) pour le vinaigre traditionnel de dattes (6 % à 8 %).

Cette différence pourrait s'expliquer par l'étape de centrifugation appliquée à nos échantillons, qui aurait pu éliminer une partie des matières minérales. La teneur en cendres du vinaigre de dattes est généralement influencée par la richesse en minéraux des dattes (ESPIARD.E, 2002), ainsi que par la composition de l'eau utilisée et les éventuels additifs (sel de table, grains de gorge, etc.) employés dans les méthodes de production artisanales.

4.1.4 Matière sèche

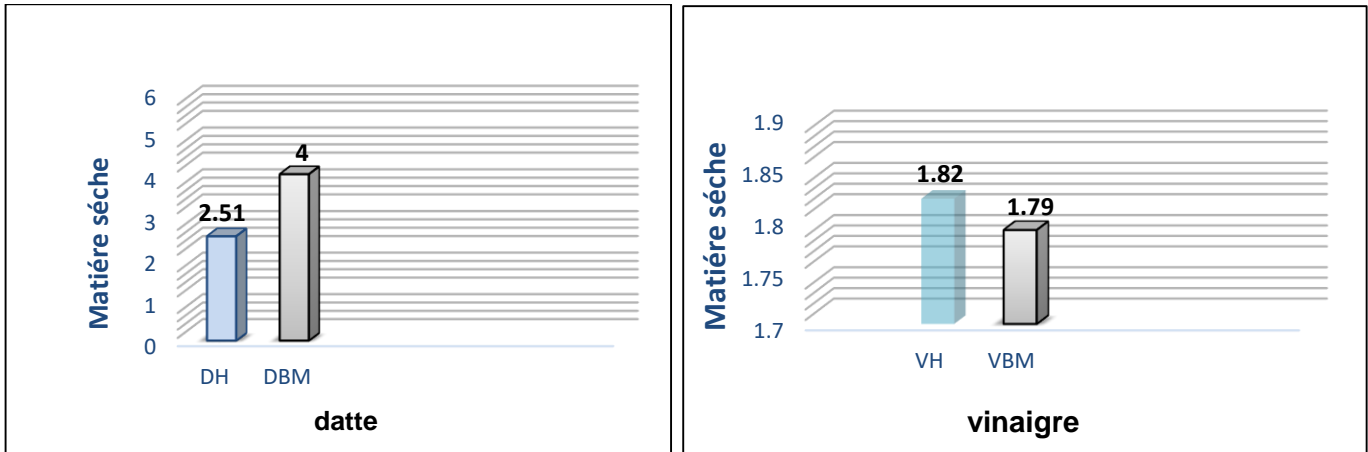


Figure n°18 : Teneur en matière sèche des échantillons de dattes et du vinaigre

Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par OULD EL HADJ *et al.* (2001) pour le vinaigre traditionnel de dattes (6,59 %, 10,0 % et 11,26 %) et à la fourchette observée par BOUAZIZE (2009) (6,2 % à 13,7 %).

La texture du fruit (date) pourrait expliquer ces teneurs en matière sèche relativement élevées. Il semblerait que les composés organiques et minéraux diffusent plus aisément du fruit vers le moût dans le cas de dattes molles et semi-molles, entraînant ainsi une variabilité de la teneur en matière sèche entre les différents vinaigres de dattes

4.1.5 Acidité titrable

L'acidité titrable, principalement due à la concentration en acide acétique, varie considérablement selon les méthodes de production de vinaigre. Nos résultats montrent une concentration minimale de 4.5 % pour

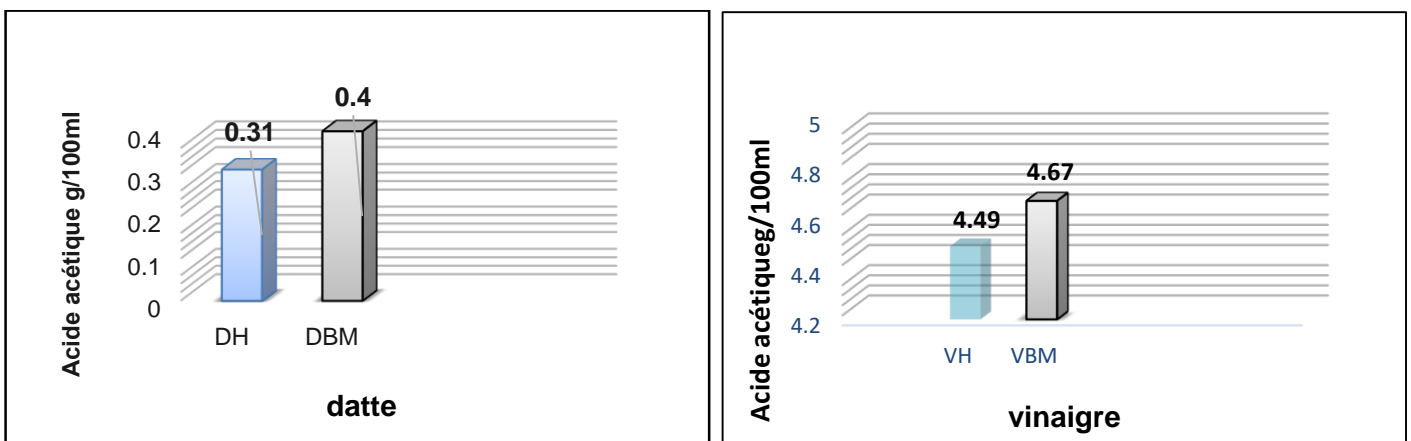


Figure n°19: Résultats d'analyse d'acide acétique des échantillons de dattes et du vinaigre

Ces valeurs sont inférieures (45 et 47) à celles rapportées par SEBIHI (1996), qui variaient de 15,31 à 30,38 g/l, et sont bien en deçà de la norme algérienne de 50 g/l. L'acide acétique est le produit de l'oxydation aérobie de l'éthanol par les bactéries acétiques (*Acétobacter*) en milieu acide. L'acidité du vinaigre provient majoritairement de l'acide acétique, mais de faibles quantités d'autres acides peuvent être issues des matières premières ou générées durant la fermentation (AUGIAR *et al.*, 2005).

La fermentation traditionnelle pour la production de vinaigre est un processus unique et combiné où la production d'alcool et l'oxydation de l'éthanol en acide acétique se déroulent simultanément. Cette transformation complexe implique une multitude de micro-organismes (OULED ELHADJ D et *al.*, 2001).

Selon DRILLEAU (1996), certaines levures considérées comme nuisibles peuvent être responsables de la formation d'acide acétique dès le début du processus. De plus, WHITING (1975), cité par DRILLEAU (1996), indique que les bactéries lactiques métabolisent divers composants du milieu, et l'acide acétique figure parmi leurs métabolites majeurs.

Ainsi, l'action combinée des levures, des Acétobacter et d'autres micro-organismes confère au milieu un aspect plus concentré et trouble. Les conditions de fermentation en vinaigrerie traditionnelle, telles qu'un faible aérobic, peuvent diminuer l'activité fermentaire des Acétobacter, favorisant la prolifération d'autres micro-organismes. Par conséquent, l'acide acétique dans le vinaigre traditionnel peut avoir une triple origine :

* L'oxydation de l'éthanol par les Acétobacter.

* Le métabolisme des bactéries lactiques.

Un produit secondaire formé par les levures durant la fermentation (LAFOURCADE, 1978 ; OULED ELHADJ D et *al.*, 2001)

4.1.6 Teneur en alcool résiduel

La Figure 15 illustre les degrés alcooliques résiduels mesurés par aérométrie pour chaque échantillon de vinaigre. L'échantillon VBM affiche la concentration en alcool la plus élevée., avec une moyenne de $4,8 \pm 0,01$ %. Inversement, l'échantillon H présente la teneur la plus faible, s'établissant à 1.2%

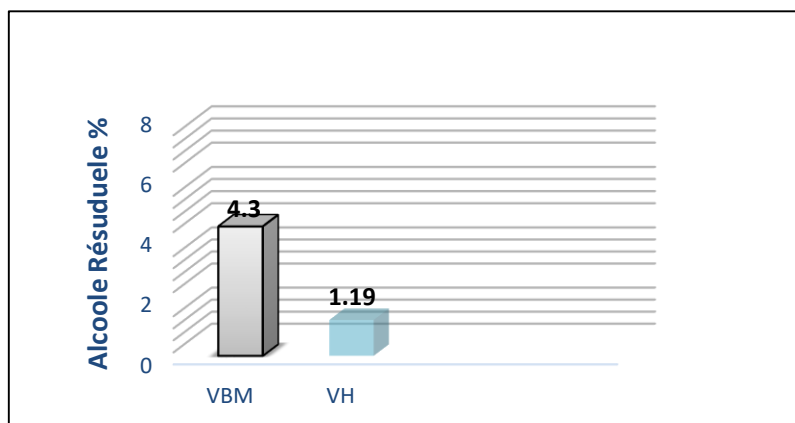


Figure n°20 : Teneur en alcool résiduel des différents échantillons du vinaigre

Ces résultats sont cohérents avec les observations de SBIHI (1996), qui a rapporté des teneurs en alcool variant de 3,61 à 4,90 %. D'autres études, comme celle de DAHMANI et RBOUH, ont mis en évidence des degrés alcooliques différents dans des vinaigres traditionnels de dattes : 8,9 % pour VD2 (le plus élevé), 4,8 % pour VD1, et seulement 0,7 % pour celui issu de dattes Tacherwit (VD3). En revanche, BOUAZIZE a constaté des taux d'alcool inférieurs à 1 % dans le vinaigre traditionnel de la région de Ouargla.

La présence d'alcool résiduel suggère une conversion incomplète de l'éthanol en acide acétique par les bactéries

Acétiques. Ce processus, qui libère de l'acide acétique dans la cellule, entraîne une acidification et une protéolyse généralisée. La levure ainsi dénaturée précipite et se dépose au fond du récipient de stockage (DUTEURTRE, 1989 in ARAB et GUEZZOUN, 2003).

Plusieurs facteurs pourraient expliquer la présence d'alcool résiduel. Un manque d'oxygène, essentiel à la fermentation acétique, est une hypothèse. De plus, la concentration initiale en sucres des dattes influence directement le taux d'alcool produit initialement par les levures. La viscosité des échantillons de vinaigre, due à la présence de protéines, pourrait également favoriser un environnement anaérobie plus strict, stimulant la production d'alcool par les levures. Paradoxalement, une teneur en alcool plus élevée pourrait être bénéfique en inhibant les enzymes responsables de la suroxydation de l'acide acétique en eau et dioxyde de carbone (DIVIES, 1989 in ARAB et GUEZZOUN, 2003). Enfin, le caractère non dirigé de la fermentation dans la vinaigrerie traditionnelle constitue une limite de cette méthode (DAHMANI ET RABOUH, 2009).

4.2 Analyses biochimiques

4.2.1 Dosage des oses totaux

La teneur en oses totaux résiduels dans les vinaigres étudiés varie légèrement entre les deux échantillons de vinaigres, allant de $0,95 \pm 0,01$ g/l Pour VBM à $1,45 \pm 0,01$ % pour VH, comme le montre la figure 16.

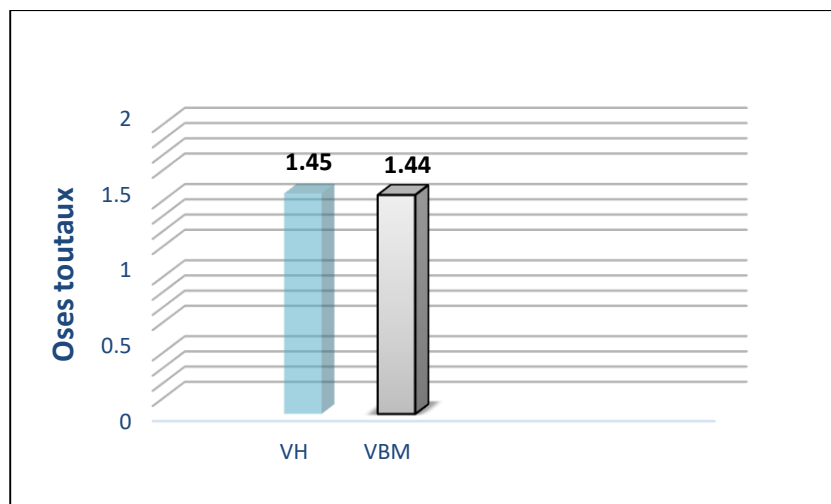


Figure n°21 : Teneur en sucres totaux des différents échantillons de vinaigre

Ces résultats sont inférieurs à la fourchette observée par SEBIHI (1996), qui rapportait des valeurs allant de 6,58 à 24,64 g/l. La teneur légèrement plus élevée en oses totaux dans nos échantillons pourrait Indiquer une diminution de l'activité des levures. Ceci pourrait être attribué à la teneur élevée en alcool résiduel, qui, selon OULD EL HADJ (2001), a des effets inhibiteurs sur les levures

Les composés phénoliques

Le Tableau suivant présente les résultats des tests phytochimiques effectués sur les deux échantillons de vinaigre étudiés :

TEST	VINAIGRE H	VINAIGRE BM
Flavonoïdes	+++	+++
Tanins	+++	+++
Alcaloïdes	+++	+++
Anthocynes	---	---

Présence (+) absence (-)

L'analyse révèle la présence de flavonoïdes, de tanins, d'alcaloïdes, dans les deux échantillons. En revanche, les anthocynes, étaient absents. Le profil phytochimique s'est avéré similaire pour les deux échantillons de vinaigre.

La présence de flavonoïdes a été confirmée dans les deux échantillons par l'apparition d'une coloration jaune en présence de chlorure d'aluminium. **Les flavonoïdes** sont des composés antioxydants reconnus pour leur capacité à piéger les radicaux libres et à protéger l'organisme contre diverses maladies (**COLLIN et CROUZET, 2011**). Ils possèdent également des propriétés anti-inflammatoires, antiallergiques, hépatoprotectrices, diurétiques, antibactériennes et antivirales.

Les tanins ont été détectés dans les deux échantillons de vinaigre par une coloration verte obtenue avec le chlorure de fer, indiquant la présence de tanins catéchiques. Les tanins présentent des propriétés anti-diarrhéiques, antiseptiques, antibactériennes et antifongiques. Ces effets s'ajoutent à leur activité antioxydantes, qui est attribuée à leur noyau phénolique (**BRUNETON, 1999**)

4.3 Analyses phyto chimique

4.3.1 Teneur en polyphénols totaux

La figure N 22 présente la quantité des polyphénols totaux dans les vinaigres étudiés, exprimée en équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/100ml).

D'après les résultats obtenus présentés dans la figure 17, la quantité des polyphénols totaux est estimée à 271 mg EAG/100 ml pour vinaigre H et 219 pour vinaigre VBM.

La différence observée entre les deux échantillons n'est pas statistiquement significative ($p = 0,234$).

Les polyphénols sont des composés bioactifs reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, jouant un rôle important dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif. Ils sont capables de neutraliser les radicaux libres, de protéger les cellules contre les dommages oxydatifs et de renforcer le système immunitaire (**Lekbir et al. (2013)**)

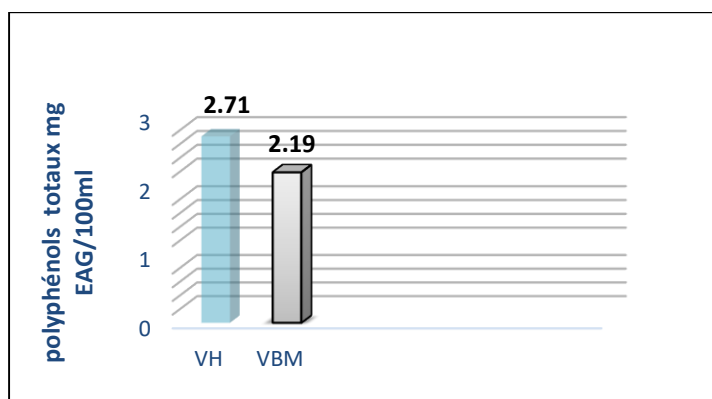


Figure n°22: Teneur en Polyphénol totaux des différents échantillons du vinaigre

Comparativement aux résultats de **Lekbir et al. (2013)**, qui ont rapporté une teneur de 0,09 g EAG/100 g de matière fraîche (MF) pour l'extrait méthanoïque de la variété Deglet Nour d'origine algérienne, les valeurs obtenues ici sont inférieures. De même, l'étude de **Dhaouadi et al. (2011)** a indiqué une teneur de 548 mg EAG/100 g dans le vinaigre de dattes de la variété Deglet Nour d'origine tunisienne.

Les variations observées peuvent être expliquées par les facteurs climatiques et environnementaux : Les conditions de culture, notamment la lumière, les précipitations, la topographie, la saison et le type de sols, influencent la synthèse des polyphénols dans les fruits.

Le patrimoine génétique : La concentration des polyphénols est spécifique à chaque espèce et variété de dattes. Elle peut également être modifiée au cours de la maturation et est influencée par la période de récolte et les conditions de stockage. **Dhaouadi et al. (2011)**

La méthode de transformation : L'utilisation du vinaigre de dattes comme matrice diffère de l'extrait méthanolique utilisé dans d'autres études, ce qui peut affecter l'extraction des polyphénols.

La méthode de quantification : Les solvants utilisés, la température d'extraction et la durée de contact influencent les rendements en polyphénols. Par exemple, l'extraction méthanoïque est souvent plus efficace pour extraire ces composés.

En conclusion, ces résultats soulignent que les vinaigres de dattes peuvent constituer une source intéressante d'antioxydants naturels. Leur composition en polyphénols dépend de multiples paramètres liés aux conditions de production, de transformation et de stockage, ce qui doit être pris en compte lors de leur utilisation dans des applications alimentaires ou thérapeutiques. (**Dhaouadi et al. (2011)**)

Dosage de Flavonoïdes

Les résultats montrent une différence très faible entre les teneurs en flavonoïdes des deux vinaigres soit 1,96 mg/ml \pm 0,01 g/l pour vinaigre VH et 1,97 mg/ml \pm 0,01 g/l pour vinaigre VBM comme illustré à la Figure N°23

Les deux échantillons peuvent être considérés comme ayant une teneur similaire en flavonoïdes totaux. l'analyse statistique ($p = 0,060$) n'indique pas de différence significative au seuil de 5 %.

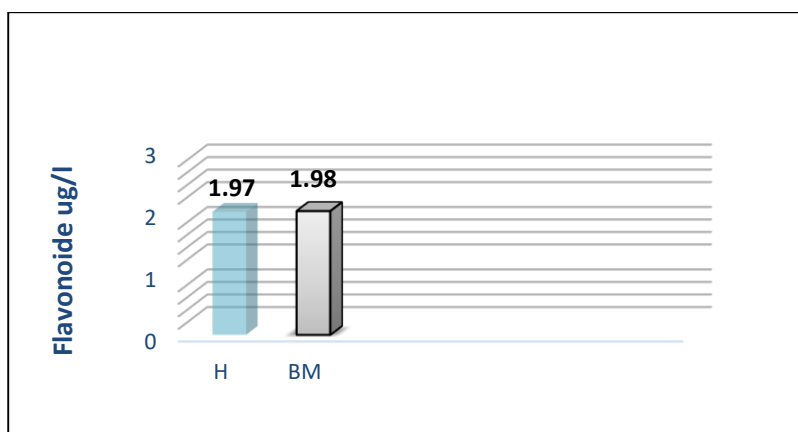


Figure n°23: Taux de flavonoïdes des différents échantillons de vinaigre

Selon une étude de Abdel-Rahman et *al.* (2020), les concentrations de flavonoïdes totaux dans différents vinaigres de dattes varient généralement entre 0,48 et 1,06 mg/ml (Abdel-Rahman et *al.*, 2020).

Nos échantillons montrent donc une concentration supérieure à la moyenne rapportée, suggérant une richesse en composés bioactifs.

La concentration de 1,97 mg/ml en flavonoïdes totaux dans les échantillons de vinaigre de dattes est supérieure aux valeurs habituellement rapportées. Cela indique une qualité potentiellement élevée, avec des bénéfices nutritionnels et fonctionnels. Cela revêt une importance particulière, les flavonoïdes étant reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes

4.4 Activité biologique

4.4.1 Résultats du pouvoir antioxydant par le test DPPH

Nos analyses montrent que le vinaigre VH a une meilleure activité antioxydante que le vinaigre VBM. Son IC_{50} est de 1,00 mg/ml, alors que celui de VBM est de 1,70 mg/mL. Plus l' IC_{50} est faible, plus l'activité antioxydante est élevée.

Cette différence s'explique directement par la teneur plus élevée en composés phénoliques totaux de vinaigre VH (271 mg EAG/100 ml) par rapport au vinaigre VBM (219 mg EAG/100 ml). De nombreuses études, comme celles de (Bouhlali et *al.*, 2017) et (Ali et *al.*, 2021), ont déjà prouvé le lien étroit entre la quantité de polyphénols et la capacité antioxydante des produits fermentés, notamment les vinaigres de dattes. Les polyphénols, grâce à leurs groupements hydroxyles, sont de puissants capteurs de radicaux libres, ce qui justifie la performance supérieure de vinaigre issu de la variété Hmira.

Ces valeurs d' IC_{50} sont également comparables à celles généralement trouvées dans la littérature pour les vinaigres de dattes artisanaux. Leurs IC_{50} varient habituellement entre 0,9 et 2,5 mg/ml, en fonction de la variété de dattes, des conditions de fermentation et du processus de production (Essa et *al.*, 2015 ; Bouhlali et *al.*, 2017).

La courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique, présentée dans l'annexe N°8 a servi de référence pour exprimer l'activité antioxydante des deux échantillons de vinaigre en équivalents d'acide ascorbique (mg AAE/L). En se basant sur l'équation de la droite de régression obtenue à partir des standards d'acide ascorbique, les pourcentages d'inhibition mesurés ont été interpolés pour estimer l'équivalent en acide ascorbique.

Le vinaigre VH a montré une inhibition de 39 mg AAE/L, tandis que l'échantillon de VBM a montré une inhibition supérieure (50 mg AAE/L) à celle de vinaigre VH

-Les travaux réalisés par par HAFZAN et al (2017) Université Sains Malaysia montrent une activité de l'ordre de $200 \pm 21,8$ AAeq (mg / ml) et $310 \pm 38,5$ AAeq(mg / ml) par la méthode de piégeage de radical H₂O₂ et une pourcentage de réduction de méta pour les mêmes échantillons de vinaigre égale à $2,90 \pm 0,03\%$ $0,34 \pm 0,10\%$. Nos résultats sont supérieurs à ceux signalé par **SUN-HEE et al (2012)**. Pour un vinaigre de fruits commercialisé en Korea ou il a enregistré un pourcentage le plus fort égal à $(12.07 \pm 1.03) \%$ pour le test DPPH

4.5 L'Analyse microbiologique

4.5.1 Qualité microbiologique des vinaigres

Nous avons effectué des dénombrements des germes microbiens totaux en vue de garantir la qualité hygiénique et microbiologique du vinaigre de dattes. Les résultats de l'évolution de la qualité microbiologique des échantillons des vinaigres sont représentés dans le tableau IV.

Tableau IV. Résultats d'analyse de la qualité microbiologique des échantillons de vinaigre

Germe	ECH	H1	H2	H3	B1	B2	B3
	TEMPS						
FMAT	24 heures	0	0	0	0	0	0
	48 heures	0	0	0	0	0	0
	72 heures	0	0	0	0	0	0
Levures	Jour 1	0	0	0	0	0	0
	Jour 2	0	0	0	0	0	0
	Jour 3	0	0	0	0	0	0
	Jour 4	0	0	0	0	0	0
	Jour 5	0	0	0	0	0	0
Moisissures	Jour 1	0	0	0	0	0	0
	Jour 2	0	0	0	0	0	0
	Jour 3	0	0	0	0	0	0
	Jour 4	0	0	0	0	0	0
	Jour 5	0	0	0	0	0	0

Conclusion

Conclusion

À travers l'histoire humaine, les populations sahariennes ont élaboré des vinaigres traditionnels à partir de dattes, en particulier dans la région d'Adrar.

De nos jours, cette production ancestrale tend à disparaître au fil des générations en raison de la disponibilité des produits industriels sur le marché. La présente étude vise à la fois à sauvegarder ce patrimoine phylogénétique et à développer une formulation alimentaire de type biologique à forte valeur ajoutée.

Dans le cadre de cette étude, les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques ont été comparées, ainsi qu'une évaluation de l'activité biologique a été réalisée sur des vinaigres traditionnels préparés à partir de différentes variétés de dattes. Les variétés utilisées pour obtenir les échantillons BM et H provenaient de la région d'Adrar.

Concernant les résultats des caractéristiques physico-chimiques des échantillons de vinaigres traditionnels (BM) comparés au vinaigre traditionnel (H), leur teneur en pH variait entre $3,22 \pm 0,02$ et $3,23 \pm 0,00$. Ces échantillons de vinaigre présentaient une densité comprise entre $1,22 \pm 0,01$ et $1,23 \pm 0,02$, une teneur en solides solubles allant de $5,8 \pm 0,20$ % à $7,3 \pm 0,01$ %. La conductivité électrique variait entre $5,8 \pm 0,00$ et $7,58 \pm 0,01$ ms/cm. La teneur en matière sèche des échantillons est de $17,27 \pm 0,01$ % et $18,80 \pm 0,01$ %, tandis que la teneur en cendres variait entre $0,72 \pm 0,00$ % et $0,84 \pm 0,01$ %.

Pour les caractéristiques biochimiques, la teneur en acidité totale était comprise entre $4,34 \pm 0,00$ g/l et $4,67 \pm 0,00$ g/l. La concentration en oses totaux variait de $1,36 \pm 0,001$ g/l à $1,54 \pm 0,65$ g/l. La teneur en alcool résiduel était comprise entre $1,2 \pm 0,00$ % et $4,5 \pm 0,00$ %.

En ce qui concerne l'activité antioxydantes, le pourcentage d'inhibition mesuré par le test DPPH variait de 1,2 à 1 indiquant la présence de différentes molécules à activité biologique dans les échantillons de vinaigres traditionnels. Pour les caractéristiques photochimiques, la teneur en composés phénoliques totaux variait entre $2,19 \pm 0,00$ et $2,71 \pm 0,00$. L'utilisation de réactifs et de tests spécifiques a confirmé la présence de composés secondaires tels que les anthocyanes, les tanins, les flavonoïdes et les alcaloïdes. La concentration de 1,97 mg/ml en flavonoïdes totaux dans les échantillons de vinaigre de dattes est supérieure aux valeurs habituellement rapportées. Cela indique une qualité potentiellement élevée, avec des bénéfices nutritionnels et fonctionnels.

En comparaison, les résultats des deux vinaigres traditionnels de dattes de la région d'Adrar présentent des valeurs nutritionnelles comparables

Les études futures sur le vinaigre traditionnel devraient porter sur des analyses plus approfondies

Références

Bibliographiques

- AHMANI, S., & REBBOUH, I. (2009). Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques de différents types de vinaigres: vinaigre traditionnel de dattes, vinaigre de pommes et vinaigre du commerce.
- AL-FARSI, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10), 877–887.
- AL-SHAHIB, W., & Marshall, R. J. (2002). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Science and Nutrition*, 54, 247–259.
- Ali, A., et al. (2021). Phenolic profile and antioxidant activity of traditional date vinegar. *Food Chemistry*.
- Allaith, A. (2008). Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(6), 1033–1040.
- AMARA, S., & BEN YAMMA, Z. (2005). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques de vinaigre traditionnel de dattes (variété hamraya) de cuvette d'Ouargla. Mémoire DES, Université d'Ouargla.
- ANONYME (2009). OIV-MA-AS312-01B: Recueil international des méthodes d'analyses OIV. Titre alcoométrique volumique Méthodes Type IV.
- ARAB, H., & GUEZZOUN, K. (2003). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du vinaigre traditionnel de dattes de cuvette d'Ouargla. Mémoire DES, Université d'Ouargla.
- ARUOMA, O. L. (1996). Assessment of potential prooxidant and antioxidant actions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1617–1625
- BACHA, A. (2008). Production et étude de l'activité d'invertase produite par la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur substrat à base de dattes. Thèse Magister en Technologie Alimentaire, Faculté des sciences.
- BARAHONA, T., CHANDIA, N. P., ENCINAS, M. V., MATSUHIRO, B., & ZUNIGA, E. A. (2011). Antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from seaweeds. *Food Hydrocolloids*, 25, 529–535.
- BEN AHMED DILALI, A., AMRANI, M., AZOUAOU, M., DAMIR, A., & ENAMARA, S. (2010). Possibilité de fabrication d'un jus naturel à base d'un sirop de dattes.
- BEN SAYAH, F. (2014). Influence des conditions de stockage au froid des dattes sur leur qualité organoleptique dans la région des...
- BENCHABANE, A. (1996). Rapport de synthèse de l'atelier <<Technologie et qualité de la dattes>>. Options Méditerranéennes, Série A, N°28, IAM, Zaragoza, Spain, 205–210.
- BIGLARI, F., AlKarkhi, A. F., & Easa, A. M. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chemistry*, 107(4), 1636–1641.
- BOUAZIZ, (2009). Caractérisation physicochimique et biochimique de quelques vinaigres traditionnels de dattes de la région d'Ouargla. Thèse de Magistère, Université d'Ouargla.
- BOUGANDOURA, N., & BENDIMERAD, N. (2013). Évaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta*. *Nature et Technologie, Série B* (9), 14–19.
- BOUKHIAR. (2009). Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes au sud algérien: essai d'optimisation. Thèse de magistère, LRTA, Université de Boumerdes.
- BOURGEOIS, C. M., & LARPENT, T. P. (1996). *Microbiologie Alimentaire. Tome 2: Aliments fermentés et fermentation alimentaire*. 2e éd., Tec et Doc Lavoisier.

- BRUDIEUX, V. (2007). Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique de nouvelles structures pectiques. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 220p.
- BUELGUEDJ, M. (2001). Caractéristiques des cultivars de dattes dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. INRAA EL Harrach, N° 11, 289p.
- CACQE (2002). Rencontre technique. Laboratoire régional de Constantine, p. 11.
- CHEN, I., CHANG, H., YANG, H., & CHEN, G. (2004). Evaluation of total activity of several popular vegetables and Chinese herbs: a fast approach with ABTS/H₂O₂/HRP system. *Journal of Food and Drug Analysis*, 29–33.
- CLAVET (1992). Alcool méthylique. Vinaigre. Ed. Béranger, Paris et Liège, p. 47–64.
- DAHMANI, S., & REBBOUH, I. (2009). Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques de différents types de vinaigre traditionnel de dattes (Deglet Nour, Degla Beida, Tacherwit).
- DAWSON, H.V.W., & ATEN, A. (1963). Récolte et conditionnement des dattes. FAO, Rome.
- DJERBI, M. (1994). Précis de phénicultureur. FAO, 192 p.
- Document Agriculture et Agroalimentaire Canada. (2007). Le marché du vinaigre: possibilité pour les exportateurs canadiens. 16p.
- DUBOIS, M., GILLES, K., HAMILTON, J., REBERS, P., & SMITH, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350–356.
- ESPIARD, E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Lavoisier, pp. 147–155.
- ESTANOVE, P. (1990). Note technique: Valorisation de la datte. *Options Méditerranéennes, Série A, N°11, CIHEAM*, pp. 301–318.
- Essa, M. M., et al. (2015). Comparative antioxidant properties of date vinegar and synthetic vinegar. *International Journal of Food Properties*.
- Européenne pour le Vinaigre. Alinorm 83/19 et 85/1.
- FAO/OMS-Commission du Codex. (2008). *Alimentarius: Méthodes d'analyse de la Norme Régionale*.
- FAVIER, J. C., IRELAND, R. J., LAUSSUCQ, C., & FEINBERG, M. (1993). Répertoire général des aliments: Table de composition des fruits exotiques.
- GENESTIE, B. (2006). Optimisation de la production d'arabinoxyloligosaccharides à partir de sons de céréales. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, pp. 30–50.
- GOURCHALA, F. (2015). Caractérisation physicochimique, photochimique et biochimique...
- GRELON (2005). Les bienfaits du vinaigre. Ed. Vercchi, Paris, pp. 9–49.
- GUIRAUD, J., & GALZY, P. (1998). *Microbiologie alimentaire*. Ed. Dunod. Paris. 615 p.
- HAFZAN, et al. (2017). Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant capacity of homemade and commercial date vinegar. *International Food Research Journal*, 24(6), 2557–2562.
- HODA, S., GHASEM, N., SIROUS, R., & MAZYAR, S. (2010). Optimal growth of *Saccharomyces*: response surface methodology. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 16, 199–206.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE. (2002). N

KHALIL, K. E., ABD-EL-BARI, M. S., HAFIZ, N. E., & AHMED, E. Y. (2002). Production, evaluation and utilization of date syrup concentrate (Dibis). *Egyptian Journal of Food Science*, 2, 179–203.

KHELIFA, M., DJENAIHI, L., & BENTRAH, I. (2012). Contribution à la fabrication d'un biscuit à base de dattes. Université Belhadj Lakhdar-Batna, 75p.

LAFOURCADE, S. L. (1978). Les origines microbiologiques de l'acidité volatile des vins. *Microbiologie et industrie alimentaire*, Ed. Apria, pp. 33–48.

Singh, S., & Belkheir, A. (2013).

Table de base de la farine de datte variétés Mech-Degla. Mémoire d'Ingénieur d'État en Biologie. [Référence institutionnelle

“Université Mohammed Khider Biskra. 111p.”

“Universités Badji Mokhtar. Annaba. 133p.”

“Paramètres biologiques. Thèse doctorat en biochimie appliqué...” .

“Afrique. Tome III, Ed. ORSTOM, Lavoisier, INRA.”-

Zibans (Cas des dattes -variété Deglet Nour) BESBES S., DRIRA L., BELCKER K., DEROANNE C., AND HAMADI A. (2009)

Annexes

Annexe1 : caractéristiques physico-chimiques des échantillons de vinaigre

PARAMETRES PHYSICO – CHIMIQUE	H1	H2	H3	BM1	BM2	BM3
ECHANTILLONS DE VINAIGRE						
POIDS DE CAPSULE VIDE	50.628g	54.042g	19.501g	49.534g	37.317g	19.052g
POIDS APRES SECHAGE	51.046g	54.471g	19.953g	49.958g	37.749g	19.485g
HUMIDITE	17.29	18.64	18.80	18.39	18.05	17.47
POIDS APRES INCENRATION	0.72	0.8	0.85	0.78	0.78	0.76
PH	3.24	3.24	3.24	3.23	3.23	3.23
TSS	7.3	7.3	7.3	5.8	5.8	5.8
CE	7.58	7.58	7.58	6.75	6.75	6.75
DENSITE	1.25	1.26	1.27	1.24	1.26	1.27
POIDS DE NICOL VIDE	25.294g	25.294g	25.294g	25.274g	25.274g	25.274g
POIDS ET VINAIGRE	106.101	106.101	106.101	107.124	107.124	107.124

Annexe.2 : caractéristique physico-chimique des échantillons des dattes

PARAMETRES - PHYSICO CHIMIQUE	H1	H2	H3	B1	B2	B3
CE	2.25	2.23	2.24	3.14	3.13	3.14
PH	5.75	5.76	5.74	6.22	6.23	6.22
ACIDITE	0.3	0.25	0.4	0.5	0.4	0.3
TSS	8.0	8.2	8.1	7.5	7.6	7.75
POIDS CAPSULE VIDE	53.010	40.218	22.216	57.113	20.013	53.567
POIDS APRES SECHAGE	54.019	41.716	24.174	58.145	22.943	54.747
INCINERATION	49.712	37.477	19.771	52.289	19.222	50.852

Annexe 0 3 : Analyses physico-chimique et biochimique

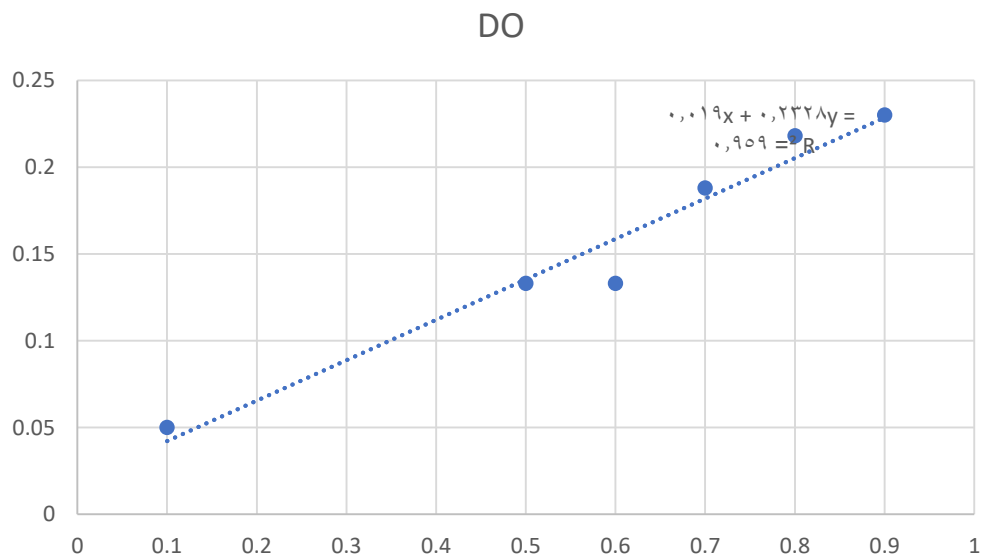


Figure 01 : Courbe d'étalonnage de glucose

Annexe 05 : Caractéristique physique des variété Hmira

PARAMETRE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
CONSISTANCE	Semi									
COULURE	Grey	Humide Orange	166	Groupa						
LONGUEUR DE DATTES	4.1cm	4.2cm	3.8cm	4,4cm	4.3cm	4.0cm	3.7cm	4.3cm	4cm	4.1cm
LARGEUR DE DATTES	1.8cm	1.7cm	1.9cm	2.0cm	1.6cm	1.6cm	1.4cm	1.7cm	1.8cm	1.7cm
POIDS DE DATTES	10.56g	10.28g	9.55g	11.62g	10.89g	9.61g	8.70g	12.23g	18.13g	10.51g
POIDS DE PULPE	9.40g	2.9g	8.72g	10.60g	9.62g	8.74g	7.85g	11.17g	7.16g	9.91g
EPAISSEUR DE PULPE	0.4g	0.3cm	0.3cm	0.2cm	0.4cm	0.3cm	0.2cm	0.4cm	0.3cm	0.3cm
POIDS DE NOYAU	1.07g	0.94g	0.18g	0.9g	1.2g	0.93g	0.80g	0.93g	0.98g	1g
COULURE DE NOYAU	Grey	Orange	176	Groupe A						
LANGUEUR DE NOYAU	2.6cm	2.6cm	2.5cm	2.7cm	2.6cm	2.6cm	2.4cm	2.7cm	2,8cm	2.5cm
LARGEURS DE NOYAU	0.6cm	0.7cm	0.6cm	0.7cm	0.7cm	0.6cm	0.5cm	0.6cm	0.8cm	0.3cm
EPAISSEUR DE NOYAU	0.4cm	0.3cm	0.5cm	0.4cm	0.4cm	0.3cm	0.2cm	0.5cm	0.6cm	0.3cm

Annexe 06 : Caractéristique physique des variété Benmakhlouf

PARAMETRE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
CONSISTANCE	Désagréable									
COULURE	GREYED	Orange	Groupe A							
LONGUEUR DE DATTES	3.6cm	3.7cm	3.4cm	3.2cm	3.3cm	3.4cm	3.6cm	3.4cm	3.7cm	3.8cm
LARGEUR DE DATTES	2.4cm	2.2cm	2.5cm	2.6cm	2.4cm	2.5cm	2.4cm	2cm	2.2cm	2.4cm
POIDS DE DATTES	10.76g	10.90g	11.70g	9.92g	11.66g	14.27g	11.33g	13g	12.8g	11.45g
POIDS DE PULPE	10.42g	10.40g	11.09g	9.97g	11.06g	13.27g	11.20g	12.10g	10.92g	10.59g
EPAISSEUR DE PULPE	0.1cm	0.3cm	0.2cm	0.3cm	0.1cm	0.2cm	0.1cm	0.1cm	0.2cm	0.3cm
POIDS DE NOYAU	0.88g	0.90g	0.62g	0.27g	0.60g	0.2g	0.35g	0.92g	1.03g	0.90g
COULURE DE NOYAU	Grey de	Origine	165	Groupa						
LANGUEUR DE NOYAU	1.9cm	1.8cm	2.1cm	1.7cm	1.7cm	1.2cm	2cm	1.9cm	2cm	1.7cm
LARGEURS DE NOYAU	0.5cm	0.4cm	0.6cm	0.5cm	0.5cm	0.6cm	0.6cm	0.6cm	0.7cm	0.6cm
EPAISSEUR DE NOYAU	0.4cm	0.4cm	0.5cm	0.5cm	0.4cm	0.3cm	0.5cm	0.4cn	0.5cm	0.4cm

Annex 07. la courbe d'étalonnage de l'acide gallique

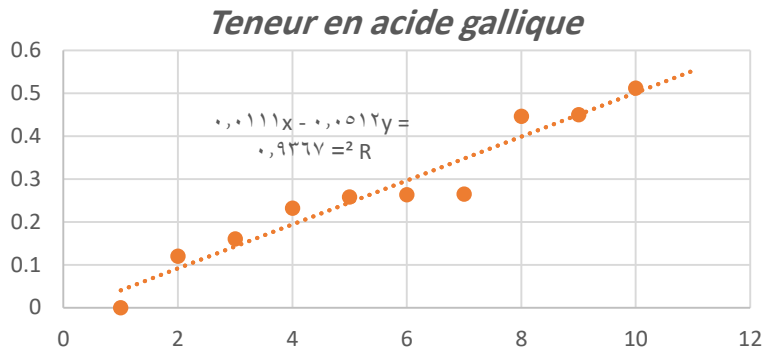


Figure- 18. -la courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Annex08 : la courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour le test DPPH .

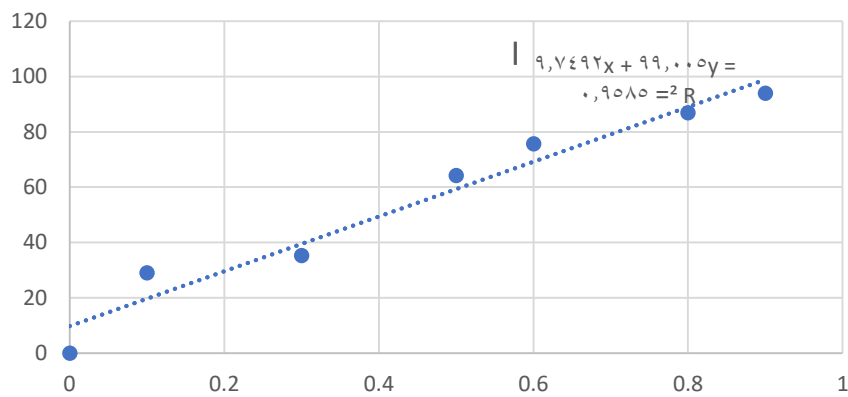
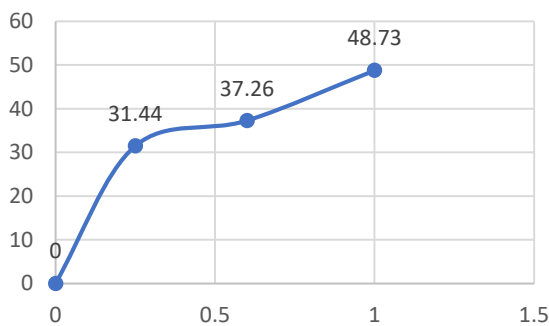


Figure 20 :-la courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour le test DPPH.

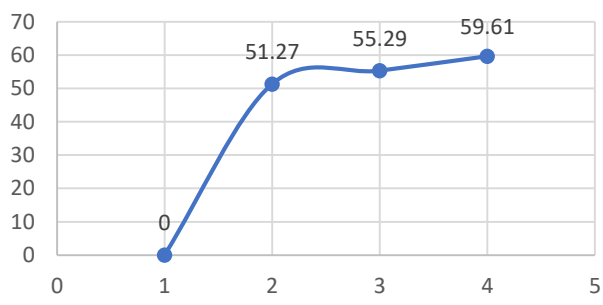
Annexe 09 : L'activité antioxydantes (IC50)

P(%) inhibition= (absorbance de control - absorbance de l'échantillon/absorbance de control) 100



dilution	inhibition
B 2/8	31.44
B 4/6	37.26
B 5/5	48.73

IC50= 1 mg/ml



dilution	inhibition
H2/8	51.27
H4/6	55.29
H5/5	59.61

IC50= 1.7 mg/ml

Résumé

ملخص : يتميز خل التمر التقليدي بإنتاجه التقليدي العريق باستخدام معدات حرفية، مما يمنحه مزايا لا تتوفر في الخل الصناعي. يتم الحصول على جودة الخل من خلال تخمير مزدوج متزامن وتلقائي (كحولي/أسيتيك)، بوجود خميرة *Saccharomyces Cerevisiae* في التخمير الأول و *Acetobacter Aceti* في التخمير الثاني. أما بالنسبة للخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات خل التمر التقليدي (H.BM)، فيتراوح الرقم الهيدروجيني (pH) بين 3,22 و 3,25 و $0,00 \pm 0,00$. وتتراوح كثافة عينات الخل هذه بين 1,22 و $0,00 \pm 1,27$ ، وتتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة فيها بين 5,8 و $0,00 \pm 7,3$ و $0,00 \pm 0,00$ %. تتراوح الموصلية الكهربائية بين 5,8 و $0,00 \pm 7,58$ و $0,01 \pm 0,01$ مللي ثانية/سم. ويتراوح محتوى المادة الجافة في العينات بين 17,27 و $0,01 \pm 18,80$ و $0,01 \pm 0,01$ %. ويتراوح محتوى الرماد بين 0,72 و $0,00 \pm 0,84$ و $0,01 \pm 0,01$ %. ويتراوح محتوى حمض الأسيتيك بين 4.49 و $0,00 \pm 4.67$ و $0,00 \pm 0,00$ جم/لتر. وتتراوح قيمة إجمالي السكر بين 1.36 و $0,00 \pm 1.54$ و $0,00 \pm 0,00$. ويتراوح إجمالي محتوى المركبات الفونولية بين 2.71 و $0,00 \pm 2.19$ و $0,00 \pm 0,00$. وبعد استخدام الكواشف والاختبارات لوجود المركبات الثانوية (الأنثوسيانين، العفص، الفلافونويد، القلويدات) للنشاط المضاد للأكسدة، فإن نسبة التثبيط باختبار DDPH تتراوح من 26.87% إلى 30.31% وفيما يتعلق بالتحليل الميكروبيولوجي فقد أظهرت الدراسة الحالية أن مستويات الخميرة والعفن في الدراسات المختلفة لا تتجاوز المعايير المقبولة لدى مختبرات مراقبة الجودة. (غياب) %.

Résumé

Le vinaigre traditionnel de datte se caractérise par une production traditionnelle ancestrale qui utilise un matériel artisanal on lui confère au vinaigre élaboré des avantages que l'on ne retrouve pas chez les vinaigres industriels. La qualité de vinaigre est obtenue par une double fermentation simultanée et spontanée (alcoolique/acétique), en présence de la levure *Saccharomyces Cerevisiae* pour la première fermentation et pour la seconde fermentation en présence de *Acetobacter Aceti*. Pour les caractéristiques physico-chimiques des vinaigre traditionnels des dattes des échantillons (H.BM), le pH varie entre $3,22 \pm 0,00$ et $3,25 \pm 0,00$. Ces échantillons de vinaigre ont une densité comprise entre $1,22 \pm 0,00$ et $1,27 \pm 0,00$, un taux de solides solubles de $5,8 \pm 0,00$ à $7,3 \pm 0,00\%$. La conductivité électrique varie entre $5,8 \pm 0,00$ et $7,58 \pm 0,01$ ms/cm. La teneur en matière sèche des échantillons oscille entre $17,27 \pm 0,01$ et $18,80 \pm 0,01\%$. La teneur en cendre varie entre $0,72 \pm 0,00\%$ et $0,84 \pm 0,01\%$. La teneur en acide acétique est de l'ordre de $4,493 \pm 0,00$ g/l à $4,670 \pm 0,00$ g/l. Les oses totaux présentent une valeur de $1,36 \pm 0,000$ à $1,54 \pm 0,00$. La Teneur de composé phénolique totaux varié entre $2,19 \pm 0,00$ et $2,71 \pm 0,00$. Après avoir utilisé des réactifs et des tests pour la présence de composé secondaire (Anthocyanes. Tanins Flavonoïdes. Alcaloïdes) Pour l'activité antioxydant, le pourcentage d'inhibition par le test DDPH varie entre 26.68% à 30.31%

à propos de l'analyse microbiologiques, la présente étude à montrer que les taux de levures et moisissures dans la différente étude ne dépasse pas les normes admises par le laboratoire de contrôle de qualité.) (absence) .

Abstract

Traditional date vinegar is characterized by its ancestral traditional production using artisanal equipment, which gives the vinegar produced advantages not found in industrial vinegars. The vinegar quality is obtained by a simultaneous and spontaneous double fermentation (alcoholic/acetic), in the presence of *Saccharomyces Cerevisiae* yeast for the first fermentation and *Acetobacter Aceti* for the second fermentation. Regarding the physicochemical characteristics of the traditional date vinegar samples (H.BM), the pH ranges between 3.22 ± 0.00 and 3.25 ± 0.00 . These vinegar samples have a density between 1.22 ± 0.00 and 1.27 ± 0.00 , and a soluble solids content of 5.8 ± 0.00 to $7.3 \pm 0.00\%$. The electrical conductivity varies between 5.8 ± 0.00 and 7.58 ± 0.01 ms/cm. The dry matter content of the samples ranges between 17.27 ± 0.01 and $18.80 \pm 0.01\%$. The ash content varies between $0.72 \pm 0.00\%$ and $0.84 \pm 0.01\%$. The acetic acid content is in the range of 4.49 g/l to 4.67 ± 0.00 g/l. The total oses have a value of 1.36 ± 0.00 to 1.54 ± 0.00 . The total phenolic compound content varies between 2.19 ± 0.00 and 2.71 ± 0.00 . After using reagents and tests for the presence of secondary compounds (anthocyanins, tannins, flavonoids, alkaloids) for antioxidant activity, the percentage of inhibition by the DDPH test ranges from 26.87% to 30.31%. Regarding microbiological analysis, the current study showed that the levels of yeast and mold in the various studies do not exceed the standards accepted by quality control laboratories.) (Absence).