

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie-Microbiologie

Mémoire

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER

Spécialité : Biochimie de la nutrition

Filière : Science alimentaire

Présenté par

ARKAM Yasmine

BAZIZ Melissa

Intitulé

**Étude de l'huile de pépins et du vinaigre de figues de
barbarie issues de culture biologique dans la région de Tizi
Ouzou**

Soutenu le 23 Juin 2024

Présidente : M^{me} SI AHMED ZENNIA S.

Promotrice : M^{me} LEKSIR MANSOUR Ch.

Examinatrice : M^{me} SENANI OULARBI N.

Devant le Jury composé de :

MCA. Université Mouloud Mammeri

MCB. Université Mouloud Mammeri

MCA. Université Mouloud Mammeri

Année Universitaire : 2023-2024

Dédicaces

À mes chers parents,

*Mon cher papa **SAMIR** Signe de fierté et d'honneur, ce travail est le vôtre, tu trouveras ici toute mon affection et ma profonde gratitude pour toutes ces années de sacrifice pour moi.*

*Ma chère Maman **Naima** nul mot ne parviendra jamais à exprimer l'amour que je te porte. Ton amour, ta patience, ton encouragement ont été pour moi le gage de la réussite. J'espère que ce travail soit pour toi le fruit de tes efforts et témoignage de ma profonde affection.*

*A ma sœur **Manel** complice de mes rires et confidente de mes secrets, ton soutien ma donne des ailes pour voler vers mes rêves.*

*A mon frère bien aimé **Rayane**, dont la force et le courage mont toujours impressionner merci pour tes encouragements qui ont nourri ma détermination*

*A **Yanis**, Ta présence chaleureuse et ton soutien constant ont été d'une aide inestimable tout au long de cette aventure.*

*A mes amies **Cilia , Ouerdia , Ania , Katia, liza , dihia** , compagnes de mes joies et de mes peines , votre présence priseuse a rendu ce chemin moins sinueux et plus lumineux.*

*A Mon amie et binôme de ce modeste travail **Melissa** que j'estime beaucoup ainsi qu'a toute sa famille.*

Yasmine ...

Dédicaces

Avant tout, je remercie Dieu pour sa miséricorde et ses bénédictions infinies qui m'ont permis d'accomplir ce travail.

À mes parents, pour leur soutien indéfectible et leur amour inconditionnel.

*À **ma mère**, dont la tendresse et la patience m'ont toujours inspirée.*

*À **mon père**, pour ses sages conseils et son encouragement constant.*

*À mes sœurs **Lydia** et **Ania**, pour leur présence réconfortante et leur soutien affectueux.*

*À **ma grand-mère**, que Dieu lui prolonge sa vie, pour son amour et ses prières.*

*À mon cher mari **Amar**, qui est toujours à mes côtés, me soutenant et m'encourageant à chaque étape.*

*À mes amies, **Ouerdia** et **Dihia**, pour leur amitié précieuse et leur soutien moral.*

*À mon amie et binôme de ce modeste travail, **Yasmine**, que j'estime beaucoup, pour son dévouement et sa collaboration.*

Merci à vous tous pour votre présence et votre soutien inestimable tout au long de cette aventure.

Melissa

Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions **Allah**, le tout puissant et le miséricordieux, de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de Master.*

*Je tiens avant tout, à remercier notre promotrice **M^{me} LEKSIR Choubaila épouse MANSOUR**, qui a accepté de m'encadrer, qui m'a guidé par ses précieux conseils et suggestions pertinentes. Je vous en suis reconnaissante.*

Mes vifs remerciements vont aussi aux membres du jury :

*Je tiens à exprimer ma très grande considération et mon profond respect pour **M^{me} ZENNIA** pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire malgré ses responsabilités et ses multiples occupations.*

*Je remercie vivement **M^{me} SENANI** d'avoir accepté d'examiner ce présent travail malgré ses responsabilités et ses multiples occupations. Vous trouveriez ici l'expression de mon respect et de ma profonde gratitude.*

Je tiens également à remercier les ingénieurs du laboratoire de physico-chimie 2 ainsi que les ingénieurs du laboratoire pédagogique de microbiologie de notre faculté pour leur aimabilité d'avoir accepté de participer cordialement aux séances de dégustation ainsi que pour leur activisme et disponibilité.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers **M^r Mezred** pour nous avoir acceptés au sein de son unité. Que Dieu vous bénisse abondamment pour votre générosité et votre accueil chaleureux.*

Enfin, Je remercie tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Sommaire

RÉSUMÉ

LISTE DES ABRÉVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION 01

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Généralités sur le figuier de barbarie

1. Histoire et répartition 02

2. Aptitude des sols à la culture du figuier de barbarie 03

3. Définition et classification 04

4. Composition chimique 05

5. Importance agro-économique de figuier de barbarie 09

6. Utilisation de la figue de barbarie 10

CHAPITRE II : Valorisation du figuier de barbarie

1. Valorisation de la figue de barbarie 12

2. Valorisation biotechnologique 15

CHAPITRE III : Vertus thérapeutiques des dérivés de figue de barbarie

1. Notion d'alicament 18

2. Antioxydants naturels 18

3. Vertus thérapeutiques des dérivés de figue de barbarie 20

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Transformations du fruit de figue de barbarie27

1.1. Collecte des fruits du figuier de barbarie 27

1.2. Première étape de transformations du fruit de figue de barbarie28

1.3. Extraction d'huile de pépin de figues de barbarie 29

1.4. Fabrication du vinaigre à partir du jus de figue de barbarie 34

2. Analyses de l'huile de pépins de figue de barbarie	36
2.1. Analyse physique	36
2.2. Analyses chimique	38
2.3. Analyse microbiologique	44
3. Analyses du vinaigre de figue de barbarie	44
3.1. Analyse physique	44
3.2. Analyses chimique	46
3.3. Analyses microbiologique	50
4. Analyse sensorielle	50
4.1. Déroulement de la formation pratique	51
4.2. Analyse sensorielle des produits étudiés	53

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultats de la transformation de la figue de barbarie	58
1.1 Résultat de la première transformation de la figue de barbarie.....	58
1.2. Résultat du traitement des graines	58
1.3. Résultat de l'extraction de l'huile de graines figue de barbarie	58
1.4. Résultat de la fabrication du vinaigre de figue de barbarie	58
2. Résultats des analyses de l'huile de pépins de figue de barbarie	59
2.1. Résultats des analyses physiques de l'huile de pépins de figue de barbarie	59
2.2. Résultats des analyses chimiques de l'huile de pépins de figue de barbarie	60
2.3. Résultats des analyses microbiologiques	63
3. Résultats des analyses du vinaigre de figue de barbarie	63
3.1. Résultats des analyse physique	63
3.2. Résultats des analyses chimique	65
3.3. Résultats des analyses microbiologiques	67
4. Résultats de l'analyse sensoriel	67
4.1. Résultats des tests discriminatifs (tests triangulaires)	67

4.2. Résultats des tests descriptifs 68

5. Limitation d'études

CONCLUSION & PERSPECTIVES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Résumé

La valorisation du figuier de Barbarie issu de la culture biologique dans la région de Tizi Ouzou, en Algérie, représente une opportunité économique et environnementale significative. Une unité de production située à Agouni Gueghrane, dans la commune de Ouadhia , wilaya de Tizi Ouzou, se distingue par ses activités de transformation de la figue de Barbarie en deux produits de grande valeur : l'huile de pépins de figue de Barbarie et le vinaigre de figue de Barbarie. Ces produits sont prisés pour leurs propriétés bénéfiques pour la santé.

Le processus de fabrication de ces produits met en avant l'extraction à froid de l'huile de pépins et la fermentation spontanée du vinaigre.

L'étude comprend également une analyse approfondie des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des produits. Ces analyses sont essentielles pour évaluer la composition, la pureté et la sécurité sanitaire des produits.

En outre, la caractérisation sensorielle des produits a été réalisée à travers des tests triangulaires et descriptifs. Les tests triangulaires ont mis en évidence des différences significatives entre les produits étudiés et ceux commercialisés localement dans la même gamme. Des profils sensoriels, représentés sous forme de diagrammes en toile d'araignée, ont été superposés pour mieux visualiser ces différences.

Mots clés : Valorisation, Fiquier de Barbarie, Culture biologique, Huile de pépins, Vinaigre, analyse physico chimique, Caractérisation sensorielle,

ملخص

يمثل تثمين التين الشوكي من الزراعة العضوية في منطقة تيزي وزو، في الجزائر، فرصة اقتصادية وبيئية كبيرة. تتميز وحدة الإنتاج الكائنة بأقنى قفران ببلدية واضية بولاية تيزي وزو، بنشاطها المتمثل في تحويل التين الشوكي إلى منتجين عاليي القيمة: زيت بذور التين الشوكي وخل التين الشوكي. وتقدر قيمة هذه المنتجات لخصائصها الصحية المفيدة

تسلط عملية تصنيع هذه المنتجات الضوء على الاستخلاص البارد لزيت البذور والتخمير التلقائي للخل. يحافظ الاستخلاص البارد لزيت بذور التين الشوكي على الصفات الغذائية والمركبات النشطة بيولوجيًا للبذور

تتضمن الدراسة أيضًا تحليلًا متعمقًا للخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمنتجات. تعتبر هذه التحليلات ضرورية لتقييم تكوين المنتجات ونقاوتها وسلامتها الصحية. وتشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن المنتجات المصنعة تلبى معايير الجودة المطلوبة

بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء التوصيف الحسي للمنتجات من خلال الاختبارات الثلاثية والوصفية. وأبرزت الاختبارات المثلثية وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المنتجات المدروسة وتلك المسوقة محليا في نفس النطاق. تم تركيب الملامح الحسية، ممثلة في مخططات عنكبوتية، لتصور هذه الاختلافات بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: التثمين، التين الشوكي، الزراعة العضوية، زيت البذور، الخل، التحليل الفيزيائي الكيميائي، التوصيف الحسي

Summary

The valorization of prickly pear cactus cultivated organically in the Tizi Ouzou region of Algeria represents a significant economic and environmental opportunity. A production unit located in Agouni Gueghrane, in the commune of Ouadhias, wilaya of Tizi Ouzou, stands out for its activities in transforming prickly pear into two high-value products: prickly pear seed oil and prickly pear vinegar. These products are prized for their health benefits.

The manufacturing process of these products emphasizes the cold extraction of seed oil and the spontaneous fermentation of vinegar. Cold extraction of prickly pear seed oil preserves the nutritional qualities and bioactive compounds of the seeds. The study also includes an in-depth analysis of the physicochemical and microbiological characteristics of the products. These analyses are essential to assess the composition, purity, and sanitary safety of the products.

Furthermore, the sensory characterization of the products was carried out through triangular and descriptive tests. The triangular tests revealed significant differences between the studied products and those locally marketed in the same range. Sensory profiles, represented in spider diagrams, were superimposed to better visualize these differences.

Keywords: Valorization, Prickly Pear Cactus, Organic Cultivation, Seed Oil, Vinegar, physico-chemical analysis, Sensory Characterization.....

Liste des abréviations

FAO : Food and Agriculture Organisation of the United Nations
CEE : Communauté Économique Européenne
JORA : Journal Officiel de la République Algérienne
IA : Indice d'Acide
IS : Indice de Saponification
IE : Indice d'Ester
KOH : Hydroxyde de Potassium
HCl : Acide Chlorhydrique
KI : Iodure de Potassium
IP : Indice de Peroxyde
meq O₂/kg : Milliéquivalents d'Oxygène par Kilogramme
EAG : Équivalents d'Acide Gallique
mg EAG/L : Milligrammes d'Équivalents d'Acide Gallique par Litre
nm : Nanomètre
min : minute
J : Jour
T° : température
ml : millilitre
g : gramme
ATP : Adénosine Triphosphate
N : Normalité
KJ : kilojoules
Kcal : kilocalories
TSS : Taux de solides solubles
Ms : Matière sèche
CH₃CH₂OH : Éthanol
CH₃COOH : Acide Acétique
Na₂CO₃ : Carbonate de Sodium

Liste des figures

Figure	pages
1 Distribution géographique du figuier de Barbarie dans le monde	03
2 Aperçu général des méthodes adoptées et des paramètres étudiés pour la réalisation de la partie expérimentale	25
3 Emplacement géographique de l'unité de production	26
2 Diagramme récapitulatif de la première transformation de la figue de barbarie	29
4 Séchage des graines brutes à l'air libre	30
6 Graines brutes obtenues après le tamisage	30
7 Presse multifonctionnelle à froid	31
8 Principe du fonctionnement d'une presse à froid	31
9 Récupération des tourteaux	32
10 Filtration de l'huile	32
11 Procédé de l'extraction de l'huile de pépins de figue de barbarie	33
12 Jus de figue de barbarie brute	34
13 a) Fermentation alcoolique ; b) Fermentation acétique	35
14 Etapes de transformations du jus de figue de barbarie en vinaigre (Fermentations)	36
15 Indice de saponification	40
16 Formule de libération d'iode	41
17 Déroulement du test de reconnaissance de saveurs	52
18 Déroulement des tests triangulaires	53
19 Déroulement du test triangulaire pour l'HPFB et l'HO	53
20 Déroulement du test triangulaire pour le VF et le VC	54
21 Déroulement de l'évaluation sensorielle (test descriptif)	55
22 Huile de pépins de figue de barbarie commercialisée (Oléa-Ag.....)	58
23 Vinaigre de figue de barbarie commercialisée (Oléa-Agro)	59

24	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (huile)	62
25	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (vinaigre)	66
26	Courbe d'étalonnage du glucose	66
27	Profil sensoriel de l'huile de pépin de figue de barbarie (HPFB)	68
28	Profil sensoriel de l'huile d'olive (HO)	69
29	Superposition des deux profils sensoriels HPFB et HO	69
30	Profil sensoriel du vinaigre de figue VF	70
31	Profil sensoriel du vinaigre de cidre VC	71
32	Superposition des deux profils sensoriels VF et VC	71

Liste des tableaux

TABLEAU	PAGE
I Classification du figuier de barbarie	05
II Principaux composants des cladodes d'OFI	06
III Composition brute du fruit d' <i>Opuntia</i>	06
IV Composition en fibres du fruit d' <i>Opuntia</i>	07
V Teneur en vitamines et en antioxydants du fruit de figuier de barbarie.....	07
VI Composition minérale du fruit du figuier de barbarie.....	07
VII Composition chimique des graines du figuier de barbarie	08
VIII Composition en acides gras de l'huile des graines de pépin de figue de barbarie.....	09
IX Composition phytochimique (mg/100ml) du jus de la pulpe des fruits d' <i>Opuntia ficus indica</i> cultivés sur différents sites de la wilaya de Souk-Ahras.....	15
X Les quatre principaux types d'antioxydants végétaux	19
XI Descripteurs retenus pour les tests descriptifs de l'huile de pépin de figue de barbarie et du vinaigre de figue de barbarie	56
XII Consignes pour le jury des épreuves sensorielles	57
XIII Paramètres physique de l'huile de pépins de figue de barbarie	59
XIV Paramètres chimique de l'huile de pépins de figue de barbarie	60
XV Paramètre microbiologique de l'huile de pépins de figues de barbarie	63
XVI Paramètres physiques du vinaigre de figue de barbarie.....	63
XVII Paramètres chimiques du vinaigre de figue de barbarie.....	65
XVIII Paramètres microbiologiques du vinaigre de figue de barbarie	67

Introduction

Introduction

En Algérie, le cactus raquette, connu sous le nom scientifique *Opuntia ficus indica*, est une plante remarquable parmi les quelque 14 000 espèces végétales du pays. Cette espèce, introduite par les Espagnols d'Amérique centrale, se distingue par sa forme unique et son abondance dans les terrains arides, où elle a su parfaitement s'acclimater (**Madani et al., 2016**).

Depuis une dizaine d'années, l'intérêt pour le figuier de barbarie a considérablement augmenté, notamment en raison de son potentiel pour améliorer la production agricole et diversifier ses usages (**Boumali et al., 2022**).

Cette plante xérophyte, qui produit des fruits comestibles et du fourrage pour le bétail, est appréciée pour sa richesse en eau et en éléments nutritifs. Sa capacité à résister à la sécheresse en fait une option viable pour une agriculture durable dans les régions arides et semi-arides. De plus, ses propriétés nutritionnelles et sa composition riche en composés phénoliques sont reconnues pour leur rôle dans la prévention de diverses maladies (**Arba, 2009**).

C'est dans ce contexte que se situe le cadre de cette étude qui fait partie des travaux de recherche de notre promotrice Madame LEKSIR MANSOUR Ch . Le présent document comprend deux parties :

. La première est une synthèse bibliographique structurée en trois chapitres : le premier aborde les généralités sur le figuier de barbarie, le deuxième valorise les produits dérivés tels que l'huile de pépin et le vinaigre, et le troisième explore les propriétés thérapeutiques de la plante.

La seconde partie de l'étude est expérimentale et décrit les techniques de transformation de l'huile et du vinaigre de figue de barbarie. Elle présente également les résultats obtenus, incluant les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles des produits développés.

*Etude
bibliographique*

Chapitre I
Généralités sur le
figuier de barbarie

1. Histoire et répartition

1.1. Histoire

Le figuier de barbarie ou cactus nopal, est une plante grasse appartenant à la famille des cactées et plus précisément au genre *Opuntia* qui est le nom Mexicain (**Schweizer, 1997**), une famille qui comprend environ 1500 espèces de cactus (**El kossori et al., 1998**). Cultivé principalement pour la production de fruits dans les climats chauds et nécessite une exposition bien ensoleillée, Il peut pousser dans des climats arides et semi-arides avec une répartition géographique englobant le Mexique, l'Amérique latine, l'Afrique du Sud et les pays méditerranéens. Originaire du Mexique, où elle est appelée nopal et figure dans les armoiries du drapeau mexicain. Il était inconnu en Europe avant les voyages de Christophe Colomb et fut décrit de façon précise pour la première fois en 1535 par l'Espagnol Gonçalo Hernández de Oviedo y Valdés dans son « Histoire des Indes Occidentales ». Le figuier de barbarie est arrivé en Europe vers 1552, ramené par les Espagnols. Au début du seizième siècle, le figuier de barbarie s'étend sur le bassin méditerranéen suite aux expansions espagnoles et aussi par le retour des arabes à leur pays dans le nord-africain suite à leur expulsion par Philippe III en 1610. Les arabes ont ramené avec eux des raquettes qu'ils ont plantées autour de leurs villages La culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche et de développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels (**Keller et al. 2009**).

1.2. Répartition de la figue de barbarie dans le monde

la répartition géographique de la figue de barbarie est illustrée dans la carte suivante ; La couleur verte désigne le pays d'origine du figuier de barbarie (Mexique), la couleur noire désigne les aires de distribution : Brésil, Chili, Etats Unies, Inde, Italie, Espagne, Erythrée, Portugal, Algérie, Tunisie, Libye, Maroc, Afrique du Sud, Ethiopie, Soudan, Tanzanie, Kenya, Uganda) (**Barbera et al., 1992 ; Nerd et Mizrahi, 1994 ; Felker et al., 2005 ; Kabas et al., 2006 ; Saleem et al., 2006 ; Snyman, 2006**).

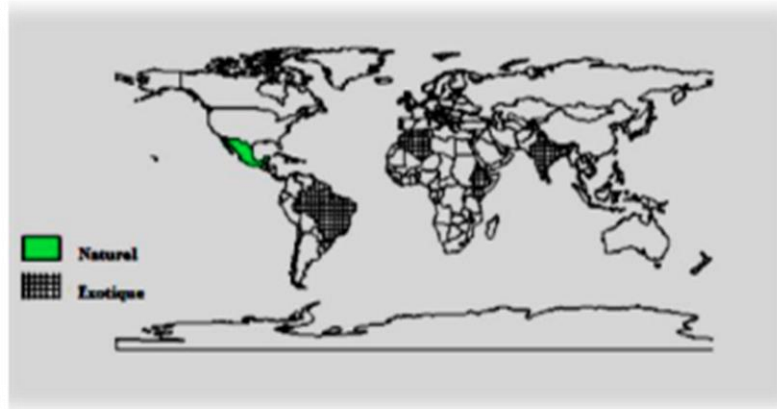


Figure 01 : Distribution géographique du figuier de Barbarie dans le monde (Orwa et al., 2009)

1.3. Répartition en Algérie

Les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra et Bordj-Bou-Arredj, Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à M'sila, Laghouat et même à 1100 mètres Ain-Sefra. Du centre à l'ouest, l'*Opuntia* occupent une superficie dépassent les 25.000 hectares par exemple, on le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), dans les wilayas de, Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, AinTemouchent, Oran, Mascara, Sidi-bel Abbès, Tlemcen, dont la meilleure cueillette des figues de barbarie, est celle qui se réalise sur les hauteurs des montagnes, spécialement en milieu rocailleux, A l'exception des montagnes et des zones sahariennes (Paolo et al., 2018). Tout comme dans d'autres pays Africains, la culture suscite de l'intérêt en Algérie qui a aujourd'hui sa première unité de transformation de figues de Barbarie. L'installation - basée à Sidi-Fredj et couvrant 5000 m² - peut transformer environ 2 tonnes à l'heure (Bouguerche et al., 2010). Ses principales fonctions sont le conditionnement des figues de Barbarie et la production d'huiles essentielles, de produits pharmaceutiques, de jus, de confitures et d'aliments du bétail. L'usine de transformation représente un moyen important pour améliorer les revenus des habitants de la wilaya de Souk Ahras (Paolo et al., 2018).

2. Aptitude des sols à la culture du figuier de barbarie

L'espèce croît dans tous les types de sols. Elle s'adapte fréquemment même aux sols limités par une roche dure continue endéans les 25 premiers cm, qui reposent sur des matériaux avec

une teneur en carbonate de calcium > 40% ou qui contiennent moins de 10% en poids de particules fines (**Nobel, 2002**). En général, *O. ficus-indica* est très adaptable, mais il est sensible à la salinité et à la saturation en eau puisque le système racinaire est très sensible à l'anoxie. Pour la production commerciale de l'espèce, le seuil de concentration en sel de la solution du sol est de 50 mM NaCl (Nobel, 2002). Une concentration de 30 mol m⁻³ (1.76 ppt NaCl) réduit la croissance de 40%, comparé au témoin non-salin, alors qu'une concentration de 100 mol m⁻³ (5.85 ppt NaCl) réduit la croissance de 93% (**Gersani et al., 1993**). Il tolère bien un grand volume d'air dans le sol (forte macroporosité texturale et structurale) et une modeste ou faible teneur organique. Concernant les besoins édaphiques, une ample disponibilité du calcium et du potassium est favorable pour une bonne récolte.

3. Définition

Le figuier de Barbarie est originaire du Mexique, il est bien adapté aux zones arides et semi-arides (**Reynolds et al., 2003**). Il occupe une partie importante dans l'alimentation humaine et il est également utilisé comme fourrage pour le bétail. C'est une plante intéressante en raison des conditions environnementales dans lesquelles elle se développe et sa résistance aux conditions climatiques extrêmes (**Hernández-Urbiola et al., 2011**). Le figuier de Barbarie qui est une plante xérophyte, produit des fruits comestibles ses raquettes sont riches en eau et éléments nutritifs (**Arba, 2009**). Plusieurs noms sont attribués au figuier de barbarie afin de donner une parfaite présentation de cette plante.

Nom scientifique : *Opuntia ficus indica*

Nom berbère : El hendi, sabara, karmous snsarra

Nom français : Fiquier de barbarie, le nopal, figuier d'inde

Nom anglais : Prickly pear Il est appelé aussi, Cactus-raquette, oponce, figue de chrétien (**Felice, 2004**).

3.1. Classification

La position systématique du figuier de barbarie est donnée dans le tableau I (**Benattia, 2017**).

Tableau I : Classification du figuier de barbarie

Règne	Plantea
Sous règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Caryophyllidae</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Cactaceae</i>
Sous Famille	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	<i>Opuntieae</i>
Genre	<i>Opuntia</i>
Sous genre	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	<i>Opuntia ficus indica</i>
Nom latin	<i>Opuntia ficus indica</i>
Nom commun	Figuier de barbarie

Autres noms : Cactus, figuier des Indes, figue du désert, nopal, semelle du pape, figuier d'Espagne.

4. Composition chimique

4.1. Composition chimique des cladodes

OFI est une plante très rafraichissante, connue par sa richesse en éléments nutritifs dont chaque partie qui la compose possède sa propre composition chimique. Cette dernière, dépend de l'âge de la plante, des facteurs climato-édaphiques, de l'endroit de la culture, le type de sol et la saison, d'où les teneurs en éléments nutritifs ne devraient pas être prises comme des valeurs absolues (El Kharrassi, 2015). Selon Moussaoui (2020), les cladodes d'OFI sont composées principalement : d'eau, de glucides, de fibres, de protéines et de lipides. La richesse en eau varie de 80 à 95 % (réserve d'eau importante) pour les raquettes fraîches.

Tableau II : Principaux composants des cladodes d'OFI (Moussaoui, 2020).

Composants	Taux (g/100g MS)	Taux (g/100g PF)
Eau		88-95
Glucides	64-71	3-7
Cendres	19-23	1-2
Fibres	18	1-2
Protéines	4-10	0.5-1
Lipides	1-4	0.2

Les raquettes sont réputées être riches en minéraux, en acides aminés, en acides gras, en acides organiques, en vitamines et en stérols ainsi que d'autres composants (Aragona *et al.*, 2018).

4.2. Composition chimique de fruit

La figue de barbarie se caractérise par rapport aux autres fruits par un pH relativement élevé contient en très grande majorité de fibres insolubles (cellulose, hémicellulose, lignine), formant en particulier la trame de graines présentes dans la pulpe, tandis que la peau contient essentiellement du glucose et elle est riche en cellulose. Le mucilage est composé d'arabinose, de galactose, de rhamnose, de xylose et d'acide galacturonique à des teneurs variables. (Benattia, 2017). La composition est illustrée dans les tableaux ci-dessous ;

Tableau III : Composition brute du fruit d'Opuntia (g /g de matière sèche) (Benattia ,2017).

Constituants	Pulpe	Graine	Ecorce
Amidon	4.55	5.35	7.12
Protéine	5.13	11.8	8.3
Lipide	0.97	6.77	2.43
Cendre	8.5	5.9	12.1
Fibre	20.5	54.2	40.8
Hydrate de Carbone	58.3	1.59	27.6

Tableau IV : Composition en fibres du fruit d’Opuntia (% des fibres totales) (Benattia ,2017).

Fibre en %	Pulpe	Graine	Ecorce
Hémicellulose	15.5	9.95	20.8
Cellulose	14.2	83.2	71.4
Pectines	70.3	6.69	7.71
Lignines	0.01	0.19	0.06

Tableau V : Teneur en vitamines et en antioxydants du fruit de figuier de barbarie (mg/100g) (Feugang et al, 2006).

Teneur en vitamines et en antioxydants	Par 100g
Vitamine C	12-81mg
Vitamine E	111-115µg
Vitamine k ₁	53 mg
Caroténoïdes totaux Béta carotène	0.29-2.37g 1,2 -3,0µg
Flavonoïdes : Dérivé de Kaempferol Dérivé de Quercetin Dérivé d’isorhamnétine	0,11-0,38g 0.98-9g 0,19-2,41 g

Tableau VI : Composition minérale du fruit du figuier de barbarie (mg/100 g de matière sèche) (Feugang et al, 2006).

	Graine	Pulpe	Ecorce
Ca	0.163	258	2090
Mg	76.1	208	322
Na	7.77	<0.83	<0.85
K	559	275	3430
P	0.03	110	0.064
Fe	16.5	12.1	8.31
Cu	<0.78	<0.83	<0.85
Zn	1.55	4.16	1.7
Mn	6.99	<0.83	72.9
M₀	<0.13	<0.33	<0.34

4.3. Composition chimique des graines

Les graines sont riches en huile brute « polyinsaturée » avec un taux important en acides gras essentiels notamment l'acide oléique, l'acide linoléique et vit E. La composition est illustrée dans les tableaux ci-dessous ;

Tableau VII : Composition chimique des graines du figuier de barbarie (Habibi, 2004).

Constituants	Pourcentage %
Eau	5 - 6
Huile	7 - 8.5
Minéraux cendre	1,3
Lignine	18
Protéines (N*6.25)	11 - 12
Cellulose	30
Autres polysaccharides	27
Sucres neutres et acides *	
Acides uroniques	1.1
Rhamnose	0.6
Arabinose	3.1
Xylose	23.8
Mannose	1.0
Galactose	1.0
Glucose	35.6

*en poids par rapport à la matière sèche.

Tableau VIII : Composition en acides gras de l'huile des graines de pépin de figue de barbarie (AIT AMMAR, 2021).

Acide gras	Proportion (%)
Acide laurique (C12 :0)	0.11
Acide myristique (C14 :0)	0.22
Acide palmitique (C16 :0)	13.83
Acide palmitoleique (C16 :1)	0,91
Acide heptadecanoïque (C17 :0)	0.03
Acide heptadecenoïque (C17 :1)	0,04
Acide stéarique (C18 :0)	3,16
Acide oléique(C18 :1)	19.77
Acide linoléique (C18 :2)	60,61
Acide linolenique (C18 :3)	0,74
Acide arachilique (C20 :0)	0.34
Acide arachilique (C20 :0)	0.24
Acide eicosenoïque (C20 :1)	17,69
Acides insaturés	82.31

5. Importance agro-économique du figuier de barbarie

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques, lui permet de constituer une culture à intérêts écologiques et socio-économiques indéniables. En effet, il constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols. Il est également cultivé pour la régénération des terres. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées ni d'apport de fertilisants. Son impact considérable sur le revenu des agriculteurs a fait de cette plante l'une des espèces les plus rentables économiquement (**Faouzi , 2015**). Le figuier de barbarie est capable de produire de grandes quantités de biomasse végétale même dans les conditions extrêmes. Avec une pluviosité comprise entre 150 et 400 mm/an et en l'absence de fertilisation, la variété inerme peut produire jusqu'à 100 tonnes de raquettes/ha/an ; cette production est en fonction des régions. L'importance économique de ce végétal réside dans la production du fruit, destiné à l'alimentation humaine et son usage fourrager pour l'alimentation animale, donc il génère des revenus et des emplois au profit des habitants. Les raquettes du cactus sont appréciées par le bétail car elles sont riches en eau, en fibres, en protéines et en éléments minéraux (**Halimi, 2015**).

6. Utilisations du figuier de barbarie

6.1 Usage cosmétique

L'huile de pépins de figes de Barbarie est d'une richesse exceptionnelle en vitamine E, en acides gras polyinsaturés, et en stérols, ce qui lui confère une aptitude hors de commun à protéger la peau contre les radicaux libres. Elle est utilisée comme antiride naturel et pour la fabrication des crèmes dermiques antirides (**Hayat et al, 2015**).

Les extraits de la plante sont présents dans la composition de nombreux produits cosmétique (**Bhira, 2012**). Il remplace avantageusement la graisse de baleine dans la préparation des crèmes et des pommades (**Halmi, 2015**).

Le fruit, ainsi que la tige sont utilisés pour préparer des produits à valeur ajoutée, tels que les lotions pour le corps, shampoing et crèmes, etc. (**Kaur et al, 2012**).

6.2. Usage médicale

Les raquettes possèderaient des effets hypoglycémians et favoriseraient l'élimination du cholestérol et des triglycérides du sang (**Maataoui et al, 2018**).

Des effets anticancéreux ont été identifiés, de la bétacyanine isolée de l'*Opuntia ficus-indica* sur la lignée de cellules K562 de la leucémie myéloïde chronique et sur des mélanomes (cancer de la peau) chez la souris (**Sreekanth et al, 2007**).

Des parties de la plante ont été utilisées comme régulant diurétique et comme remède au dysfonctionnement de la prostate (**Halmi, 2015**).

Le figuier de barbarie a été utilisé comme remède aux douleurs gastro-intestinales, à l'angoisse, à l'artériosclérose, à la spasmophilie, au stress, aux brûlures et aux coups de soleil (**Boudilmi et Mehoulas, 2020**).

Les pigments alimentaires de figue de barbarie peuvent influencer directement sur les mécanismes inflammatoires de l'intestin (**Maataoui et al, 2018**).

6.3. Usage alimentaire

Les fruits des jeunes pousses d'*Opuntia*, appelées "Nopalitos", sont riches en vitamine C et en Calcium ce qui rend leur valeur nutritive proche de celle de la laitue et des épinards (**Halmi, 2015**).

6.4. Usage fourrager

Le cactus est considéré comme une réserve fourragère sur pied, il peut constituer un appoint alimentaire pour les périodes de transition en été et en automne et lors des années de sécheresse (**Shoop et Coll , 1977**). Sa capacité à emmagasiner l'eau offre des possibilités exceptionnelles pour la production de grandes quantités de biomasse utiles pour nourrir le bétail (**El kharrassi, 2015**).

Chapitre II
Valorisation du
figuier de barbarie

1. Valorisation de la figue de barbarie

La figue de Barbarie est un fruit de multiples usages et une large gamme de produits et de sous-produits peuvent en être dérivés. Il en est de même pour les cladodes. **Sáenz et al (2006, 2013)** présentent de nombreuses alternatives pour la transformation des fruits et des cladodes.

1.1. Compléments alimentaires

Un certain nombre de produits naturels - gélules et comprimés de poudres de cladode, poudres à mélanger dans des boissons et autres composés d'un mélange de fibres végétales sont utilisés comme médicaments traditionnels (et non comme « additifs alimentaires »). Ces suppléments sont vendus pour lutter contre l'obésité ou le diabète ou pour augmenter la consommation de fibres (**Mazari et Mahdeb., 2021**).

1.2. Graine de figue de barbarie

Les graines représentent environ 15% de la partie comestible des fruits et elles ont une teneur variable en huile (en moyenne, 9.8 g 100 g⁻¹ de graines) (**Ramadan et Mörsel , 2003**).

1.3. Huile de graines de figues de barbarie

L'huile de graines est riche en acides gras insaturés (**Sepúlveda et Sáenz, 1988 ; Ennouri et al., 2005 ; Ghazi et al., 2013**) ; par conséquent, elle est intéressante pour les industries pharmaceutiques et cosmétiques. Etant donné le faible rendement en huile des graines, elle n'est ni économique ni attractive en tant qu'huile de consommation. La présence de tocophérol, reconnu comme antioxydant naturel, varie de 3.9 à 50%. [(**Matthäus et Özcan 2011, Özcan et Juhaimi 2011**)] rapportent que les fibres et les minéraux sont aussi des composants importants des graines, avec 12.5% de fibres brutes et des quantités élevées de calcium, potassium et phosphore, parmi d'autres minéraux.

La teneur relativement élevée en protéines (environ 6%) signifie que les graines de figuier de Barbarie sont une source de protéines pour la consommation humaine (**Tili et al., 2011**).

L'huile de graine de figue de Barbarie est comestible ; elle pourrait être un autre produit nutritif et fonctionnel d'intérêt potentiel pour l'agro-industrie, mais peut-être pas pour une

consommation directe (FAO, 2018).

1.4. Farine de graines de figues de barbarie

Ce sont en fait les graines ou les pépins de la figue, dont le résidu, une fois l'huile extraite, est broyé puis séché pour en faire une farine très fine. Cette poudre blanchâtre, riche en protéines, peut être utilisée dans la confection des pâtisseries, enrichir des soupes et employée dans le domaine des cosmétiques (Agroligne, 2016).

Le tourteau de graines de figues de barbarie est utilisé dans les formulations dermo-abrasives (Mazari et Mahdeb, 2021).

1.5. Cladodes

Les cladodes sont une source précieuse pour les agro-industries. Quand ils sont tendres (10-15 cm), ils peuvent être utilisés comme légume (nopalitos). Partiellement lignifiés, au bout de 2 à 3 ans, ils peuvent être utilisés pour la production de farines et d'autres produits. Lorsqu'ils sont complètement lignifiés, ils peuvent être brûlés comme combustible. (Mazari et Mahdeb, 2021).

Les cladodes sont riches en pectine, mucilage et minéraux (Maataoui et al, 2018).

1.6. Concentrés de la figue de barbarie

La gamme de produits concentrés dérivés des figues de Barbarie inclut les sirops, les confitures et les jus concentrés Sáenz (2000), Morales et al. (2009) ont développé des sauces à dessert (nappages) à partir d'écotypes colorés avec d'excellents résultats, préservant leur couleur attrayante et leurs composants fonctionnels. La concentration par le vide a été utilisée sur des mélanges de pulpe de figue de Barbarie avec du sucre (22.0-30.25%), du sirop de fructose (13.75-22.0%), du glucose (11.0-19.25%), de l'acide citrique (0.14%) et de l'amidon modifié (1.5%).

1.7. Jus et boissons

Plusieurs études ont été faites sur le jus de la figue de barbarie et ont montré que ce produit a un goût et un parfum agréables. Une autre possibilité est la production des jus concentrés qui

manifestent une bonne stabilité microbiologique (**Bhira, 2012**). Selon la FAO, plusieurs essais ont été faits pour produire un jus de qualité et stable.

1.8. Confiture de figue de barbarie

Selon le **Codex Alimentarius (2009)**, la confiture est le mélange porté à la consistance gélifiée appropriée de sucre, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits, et d'eau. La confiture peut toutefois être obtenue à partir de fruits entiers, ou coupés en lamelles et/ou en tranches.

La pulpe peut être utilisée pour préparer des gels comme les gels de pomme et cognassiers (**Mazari et Mehdeb, 2021**).

La confiture est un autre produit qui peut être préparé à partir du fruit. Elle présente une bonne qualité sensorielle et une stabilité microbiologique (**Halmi, 2015**).

En Algérie, **Mecellem (2015)** travaille sur l'optimisation de la formulation d'une confiture à base de figue de barbarie.

1.9. Colorant Alimentaire

Un des produits indirects les plus attrayants à base d'Opuntias est « le carmin » de la cochenille (*Dactylopius coccus*). C'est le meilleur et le plus sûr colorant rouge naturel pour les aliments. Son utilisation est autorisée par la plupart des régulateurs du secteur alimentaire dans le monde, y compris la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis et l'Union européenne (UE). Il est commercialisé sous le code E120. Le pigment carmin constitue une alternative naturelle intéressante aux colorants synthétiques rouges et est largement utilisé dans les industries alimentaire et cosmétique. *O. ficus-indica* est généralement la plante hôte sur laquelle l'insecte se développe. Il est collecté et traité pour en extraire le pigment. L'insecte femelle est transformé en carmin. La plante sert simplement de support pour la culture de l'insecte. (**Mazari et Mahdeb, 2021**).

Les bétalaïnes sont des pigments présents dans les figues rouges et violettes largement utilisées dans l'industrie alimentaire. Ils sont extraits principalement de la betterave rouge (*Beta vulgaris L.*), d'où le nom de « bétalaïnes ». Ces pigments sont bien connus et acceptés. La figue de barbarie constitue une source alternative. Le Tableau IX indique les proportions

estimées en bétalaines dans les fruits du figuier de barbarie.

Tableau IX : Composition phytochimique (mg/100ml) du jus de la pulpe des fruits d'*Opuntia ficus indica* cultivés sur différents sites de la wilaya de Souk-Ahras. (Mazari et. Mahdeb, 2021)

Site	contenu phénolique	Flavonoïdes	Flavonols	vitamine C	Caroténoïdes totaux (µg/100ml)	Bétacyanines	Bétaxanthines	Betalaine totaux
Bouamoud	503.31±57.45	064.14±12.02b	07.65±0.07c	71.62±0.92 c	093.15±12.20b	1.66±0.43 b	09.10±0.43c	10.76±0.86c
Chegaga	611.44±45.92 a	089.86±06.55 a	06.92±0.06c	69.42±1.55d	122.42±06.10a	1.64±0.25 b	08.42±0.29d	10.06±0.54c
Meridef	618.56±53.24 a	102.00±04.34a	11.23±0.03a	76.91±1.02b	123.75±06.91a	2.43±0.10 a	12.05±0.18b	14.47±0.28b
Remila	493.56±16.97 b	072.48±05.02b	12.84±1.22a	78.96±0.25 a	095.81±06.91b	2.49±0.03 a	14.16±0.12a	16.65±0.12a

2. Valorisation biotechnologique

La plante du figuier de barbarie d'*Opuntia ficus indica* peut être valorisée en divers produits tels que la biomasse (Mounir, 2016), les boissons alcooliques (Saenz, 1995), le vinaigre balsamique (Prieto et al., 2009) et le biocarburant etc. (Yang, 2015).

2.1. Production de vin

Le vin est l'un des produits traditionnellement fabriqué au Mexique à partir de figuier de barbarie. Ce vin est ainsi appelé "Colonche", une boisson alcoolique douce bien apprécié pour sa saveur, obtenue par fermentation naturelle du jus de fruit de figuier de barbarie (*O. streptacantha*) (Navarrete et al., 2007).

2.2. Production de vinaigre

Le mot Vinaigre vient du français Vin (vin) et Aigre (acide). Le vinaigre est un liquide aigre et piquant utilisé comme arôme et conservateur alimentaire. La définition du Codex Alimentarius (1987) stipule que le vinaigre est "un liquide, propre à la consommation humaine, préparé à partir de matières premières agricoles appropriées (Bhat et al., 2014).

Louis pasteur identifie les trois critères indispensables à la production du vinaigre ;

En premier lieu l'alcool : celui contenu dans le vin, le cidre ou autre boisson alcoolique. Ensuite l'oxygène : Celui de l'air fait parfaitement l'affaire, et enfin les Bactéries acétiques.

La fabrication du vinaigre repose sur une double fermentation. La première est dite alcoolique et la deuxième est dite acétique.

2.2.1. Fermentation alcoolique

Les sucres fermentescibles initiaux présents dans le jus de figue de barbarie sont transformés en alcool par les levures à la température ambiante pendant quelques jours. Ces levures proviennent de différentes sources agricoles (figue de barbarie, pomme, raisins, betteraves, pomme de terre...).

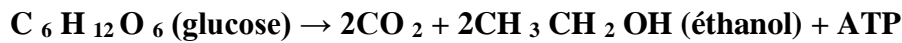
En fait, tous les aliments susceptibles de produire une fermentation alcoolique peuvent être utilisé pour faire le vinaigre.

Les matières premières les plus diverses qui servent à la fabrication du vinaigre sont : vin, alcool éthylique, cidre à sucre, malt, dattes, oranges, bananes. (Rahrah , 2019).

La fermentation alcoolique est réalisée par des levures (essentiellement des *Saccharomyces*), par décarboxylation de l'acide pyruvique à la suite de la glycolyse puis réduction de l'acétaldéhyde en éthanol. Cette fermentation intervient dans la fabrication du vin, de la bière, de cidre et divers boissons fermentées, ces derniers peuvent servir de matières premières à la fabrication du vinaigre. Son but est essentiellement la fabrication de l'éthanol (Rahrah , 2019).

La fermentation alcoolique se déroule en milieu anaérobie.

L'équation chimique de la fermentation alcoolique est comme suite :



2.2.2. Fermentation acétique

C'est un processus biochimique où l'éthanol est oxydé en acide acétique par le biais de bactéries acétiques dans des conditions stricts d'aérobiose, elle nécessite donc une très forte aération (Rahrah , 2019).

Pour qu'une fermentation acétique ait lieu trois conditions sont nécessaires :

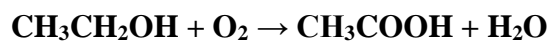
En premier lieu la présence des bactéries acétiques. Ces dernières fixe l'oxygène de l'air sur l'alcool et la transforme en acide ;

En deuxième lieu la présence d'oxygène utilisé par la bactérie pour la transformation de l'alcool en acide acétique ;

En troisième lieu la température doit être optimale et comprise entre 25 et 30°C.

Au fur et à mesure que la fermentation acétique se poursuit, ces bactéries vont former à la surface du vinaigre, un voile léger qui va s'enfoncer petit à petit et se transformer en une masse gélatineuse appelée « mère de vinaigre ». Elle n'est qu'un amas de bactéries mortes et de sécrétion cellulosique. C'est en fait une sorte de champignon appelé « *mycoderme acétique* ».

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 Galzy, 1998). L'équation chimique pour l'oxydation de l'éthanol en acide acétique est la suivante :



Chapitre III
Vertus
thérapeutiques

1. Notion d'alicaments

Les **alicaments** sont des aliments qui possèdent des effets bénéfiques sur certaines fonctions de l'organisme, au-delà de leur simple rôle nutritionnel. Ils peuvent améliorer l'état de santé général ou diminuer les risques de maladies (**Contor, 2001 ; Roberfroid, 2000**). Leur classification entre aliment et médicament leur a valu le nom d'alicaments. On utilise aussi d'autres termes comme *aliments-santé*, *aliments fonctionnels*, *nutraceutiques*, ou encore *cosmétofood*. Tous partagent une même vocation : la prévention des maladies et l'amélioration du bien-être physique, de la santé, et de la beauté (**Bouyahya, 2016**).

Les **fruits et légumes** sont des exemples typiques de ces aliments fonctionnels, riches en composés qui agissent en synergie pour procurer des bénéfices à l'organisme. Le **figuier de Barbarie**, autrefois négligé, est aujourd'hui reconnu pour sa haute valeur nutritionnelle. Il est une source importante de vitamine C, de pigments tels que les **bétalaïnes**, de composés phénoliques, de sucres réducteurs et de sels minéraux (**Benattia, 2017**).

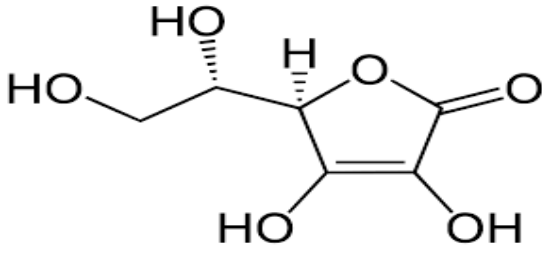
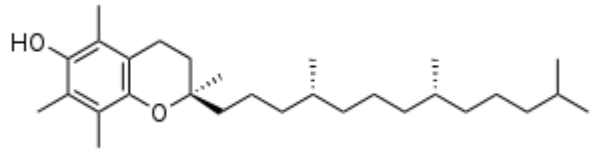
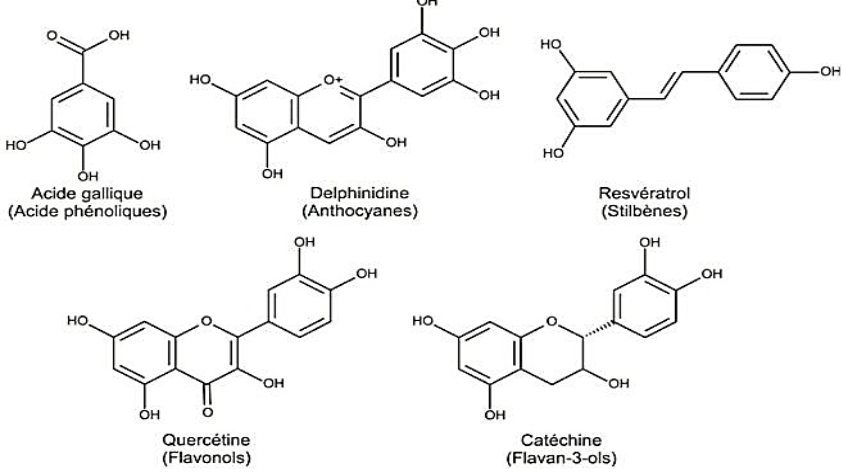
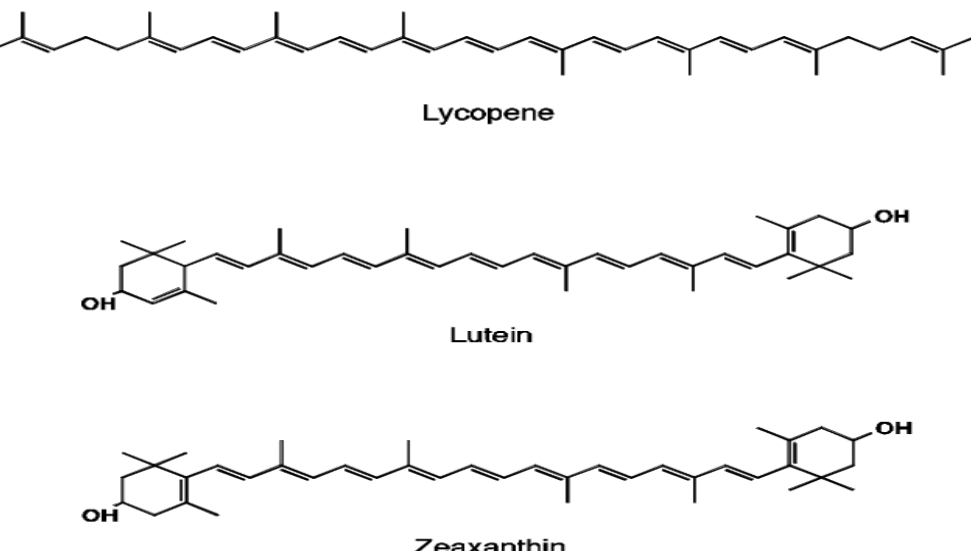
2. Antioxydants naturels

Les **antioxydants** sont des molécules capables de neutraliser les radicaux libres, protégeant ainsi les cellules contre l'oxydation (**Weber, 2009**). Ces molécules peuvent prévenir ou retarder la formation de substances toxiques oxydantes, les désactiver ou stopper les réactions en chaîne qu'elles déclenchent (**Tang et Halliwell, 2010**). Les antioxydants jouent un rôle clé dans la protection de l'organisme en collaboration avec d'autres antioxydants pour se régénérer (**Valko et al., 2006**).

Il existe deux principales sources d'antioxydants :

- **Endogène** : produite par l'organisme, cette source inclut des enzymes comme la superoxyde dismutase, la glutathion peroxydase et la catalase, ainsi que des protéines comme la ferritine, la transferrine, la céruloplasmine et l'albumine.
- **Exogène** : apportée par l'alimentation, elle provient principalement des fruits et légumes riches en vitamines E et C, en caroténoïdes et en composés phénoliques (**Rock, 2003 ; Pincemail et Defraïque, 2004**).

Tableau X : Les quatre principaux types d'antioxydants végétaux.

Antioxydant	Structure chimique
Vitamine C	
Vitamine E	
Polyphénols	 <p>Acide gallique (Acide phénoliques)</p> <p>Delphinidine (Anthocyanes)</p> <p>Resvératrol (Stilbènes)</p> <p>Quercétine (Flavonols)</p> <p>Catéchine (Flavan-3-ols)</p>
Caroténoïdes	 <p>Lycopene</p> <p>Lutein</p> <p>Zeaxanthin</p>

2.1. Mécanisme d'action

Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la chélation des métaux de transition (**Favier, 2004**).

2.1.1. Activités antioxydants des dérivés de la figue de barbarie

L'**Opuntia Ficus Indica** (figue de Barbarie) est reconnue pour son puissant pouvoir antioxydant, comparable à celui des raisins rouges et des pamplemousses. Cette activité antioxydante est due à la présence de flavonoïdes et de composés phénoliques, qui aident à prévenir les maladies dégénératives. Le fruit contient également de la vitamine C et des bétalaïnes, renforçant son potentiel antioxydant (Galati et al., 2003 ; Kuti, 2004).

L'huile extraite des graines de figue de Barbarie contient des polyphénols, des flavonoïdes, des caroténoïdes (comme le β -carotène), et est riche en vitamine E (isomères γ et α -tocophérol), ce qui en fait un antioxydant naturel intéressant pour l'industrie (**Ramadan et Mörsel, 2003**).

Les graines de la figue de Barbarie renferment aussi une teneur notable en polyphénols (337 à 460 mg/100g), dont environ 12 % sont des flavonoïdes. Ces composants varient en fonction du stade de maturité et du cultivar (**Cardador-Martínez et al., 2011**).

Les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires de la figue de Barbarie méritent d'être davantage explorées pour mieux comprendre leur potentiel dans la prévention de maladies liées au vieillissement (**Mazari et Mahdeb, 2021**).

3. Vertus thérapeutique des dérivés de la figue de barbarie (Huile et vinaigre).

3.1. Effet anti-inflammatoire

Bardaa et al. (2020) ont démontré qu'un traitement topique avec l'huile de pépins de figue de barbarie avec des doses de 25ul/patte avait un meilleur effet anti inflammatoire comparé à d'autres huiles testées (huiles de citrouille et de graines de lin). L'expérimentation consistait à injecter à des rats par voie sous cutanée du Carraghénane (polysaccharide naturel qui induit une inflammation).

Ceux traités avec l'huile de pépins de barbarie ont eu une réduction significative de la taille de l'œdème formé, une réduction du nombre de globules blancs et des plaquettes, de la concentration des protéines C-réactives et des fibrinogènes. L'effet anti inflammatoire est dû aux composants de l'huile. Les acides gras insaturés sont considérés comme des anti-inflammatoires hautement actifs agissant comme des inhibiteurs de la cyclooxygénase. Les phytostérols, les tocophérols, les polyphénols et les caroténoïdes participent aussi à cet effet par le biais de leurs pouvoirs antioxydant en neutralisant les espèces oxygénées actives, ce qui permet d'inhiber l'oxydation des lipides et des protéines. Les flavonoïdes sont aussi connus pour leurs effets réducteurs des effets des prostaglandines qui causent la phase tardive de l'inflammation aiguë et la perception de la douleur. Ils neutralisent aussi les oxydants libérés par les leucocytes et les autres phagocytes (**Al-naqeb et al., 2021**).

Aussi, le beta-Sitostérol peut inhiber l'activité de la myéloperoxydase et de l'adénosine désaminase et réduit aussi les niveau de IL-1 β and TNF- α (**Liz et al.,2012**).

3.2. Effet antiulcéreux

L'administration de l'huile à des rats Wistar a protégé leurs muqueuses gastriques contre les effets ulcéraux de l'éthanol. Le taux de guérison pour les rats traités a été de 91% en 2 jours et 99% en 3 jours. Au quatrième jour le taux de guérison était au complet, contrairement aux rats témoins non traités. Cet effet antiulcéreux est dû à la richesse de l'huile en composants qui agissent en synergie ou de manière différée pour optimiser la guérison par leur propriétés antioxydante, ou en agissant et comme antagoniste au récepteur-H2 de l'Histamine, en stimulant la production du mucus et des bicarbonates et en exerçant un effet anti inflammatoire. La présence d'acides gras et de triacylglycérols contribue aussi au processus de guérison en aidant à la réparation et à la construction des membranes cellulaires (**Khémiri et Bitri, 2019**).

3.3. Activité antimicrobienne

Khémiri et al., (2019) ont observé que l'huile de pépins de figue de barbarie possède des propriétés antimicrobiennes agissant contre *Enterobacter cloacae*, ainsi que sur les levures *Candida parapsilosis* et *Candida sake* et de plus un effet antifongique contre *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum*, et *Fusarium oxysporu*. Par ailleurs l'étude menée par **Ramírez et al. (2017)** a également mis en évidence l'activité antimicrobienne de cette huile, capable d'inhiber les microorganismes à gram positif et négatif. Elle a réussi à freiner la croissance de deux levures (*Saccharomyces cerevisiae* et *Candida albicans*) et quatre des six bactéries testées,

notamment *Escherichia coli* O58:H21, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* et *Pseudomonas aeruginosa*..

Le vinaigre est utilisé comme agent antifongique et antibactérien depuis la Grèce antique en raison de son pH extrêmement bas et de l'acide acétique comme ingrédient principal. La pénétration de l'acide acétique dans les membranes cellulaires des micro-organismes provoque la mort des cellules bactériennes. Et il est également considéré comme le meilleur acide organique pour détruire *E. coli*O157 :H7 (un agent pathogène d'origine alimentaire), par rapport à d'autres acides organiques tels que l'acide lactique, l'acide citrique et l'acide malique. Il est utilisé pour nettoyer et soigner les mycoses des ongles, les poux, les verrues et les infections de l'oreille. (Samad et al., 2016).

3.4. Effet antidiabétique

L'effet antidiabétique de l'huile de pépins de figue de barbarie est l'un des effets plus étudiés. Berraouan et al., (2015) ont rapporté l'effet protecteur de l'huile sur des rats rendus diabétiques par l'alloxane. L'administration orale de l'huile a atténué l'hyperglycémie et a amélioré le taux de survie chez les rats traités de 77.77% contre 40 % des rats non traités. L'étude morphométrique du pancréas a révélé que l'huile a protégé les îlots de Langerhans contre les altérations induites par l'alloxane en préservant le diamètre et la surface des îlots et le nombre de cellules insulaires.

L'huile a permis de prévenir l'apparition du diabète induit par l'alloxane grâce au travail synergique de ses composants antioxydants (tocophérols, beta carotène, polyphénols...) en inhibant la production des radicaux libres et/ou en neutralisant ces derniers s'ils sont produits. Les acides gras insaturés améliorent le pouvoir antioxydant et préservent l'homéostasie redox de la cellule bêta pancréatique contribuant ainsi à un effet antidiabétique.

3.5. Effet anti-obésité

Des volontaires en bonne santé ont consommé trois concentration de vinaigre (18, 23 et 28 mmol d'acide acétique) avec une portion de pain de blé blanc. Lorsque les sensations de faim et de satiété des volontaires ont été évaluées, il a été noté que la satiété augmentait avec le niveau d'acide acétique. (Budak et al., 2014).

3.6. Effet anti-tumoral

L'étude rapportée par **Becer et al. (2018)** a montré que l'huile de pépins de figue de barbarie a eu un effet anticancéreux en inhibant la croissance des cellules Colo-320 et Colo741, des lignées cellulaires de carcinome du côlon. L'inhibition s'est faite d'une manière indépendante du temps et de la dose et en induisant l'apoptose. Cet effet est dû à la haute teneur en acide linoléique de l'huile. Ce dernier, composant majoritaire de l'huile est connu pour avoir un effet pro-apoptotique sur différents types de lignées cellulaires cancéreuses, comme la démontré l'étude de **Zhang et al (2015)**.

3.7. Effet cardio-protecteur

L'Hypercholestérolémie peut constituer un facteur de risque important pour l'apparition de maladies cardiovasculaires. Une étude de **Ennouri et al. (2006)** a conclu que la supplémentation de l'alimentation de rats avec 25g/kg de l'huile de pépins de figue de barbarie a diminué les taux de cholestérol total et de LDL sans effets sur les concentrations des HDL. Selon les auteurs cet effet est probablement dû à la richesse de l'huile en phytostérols notamment le beta-sitostérol (6 g/kg d'huile) qui sont connus pour faire diminuer le taux de cholestérol dans le plasma. L'huile de pépins de figue de barbarie peut aussi moduler l'expression de deux récepteurs nucléaires (liver X receptor (LXR)- α et LXR β) et leurs gènes cible (ABCA1 et ABCG1) qui sont impliqués dans la régulation du métabolisme du cholestérol (**Al-Naqeb et al., 2021**).

Méthodologie

Dans le cadre de notre étude visant à valoriser et examiner les diverses transformations de la figue de barbarie issue de cultures biologiques, nous avons élaboré une méthodologie structurée autour de quatre principaux axes :

Un premier axe traitant la traçabilité des processus de transformations : ce qui nous a permis de créer des diagrammes détaillés incluant la production de vinaigre de figue de barbarie et l'extraction d'huile à partir des graines de figues de barbarie ;

Un deuxième et un troisième axe dédié à l'analyse physico-chimique et microbiologique du vinaigre et de l'huile de pépins de figue de barbarie dans divers laboratoires universitaires ; notamment le laboratoire pédagogique de physicochimie N°2, le laboratoire de microbiologie mais aussi le laboratoire de chimie pharmaceutique situé au département des sciences Ummto.

Un dernier axe visant à approfondir la caractérisation de ces deux produits par des analyses sensorielles, permettant une évaluation détaillée de leurs propriétés organoleptiques.

Le schéma suivant (**Figure 02**) illustre les quatre parties expérimentales réalisées dans la présente étude.

Matériels et méthodes

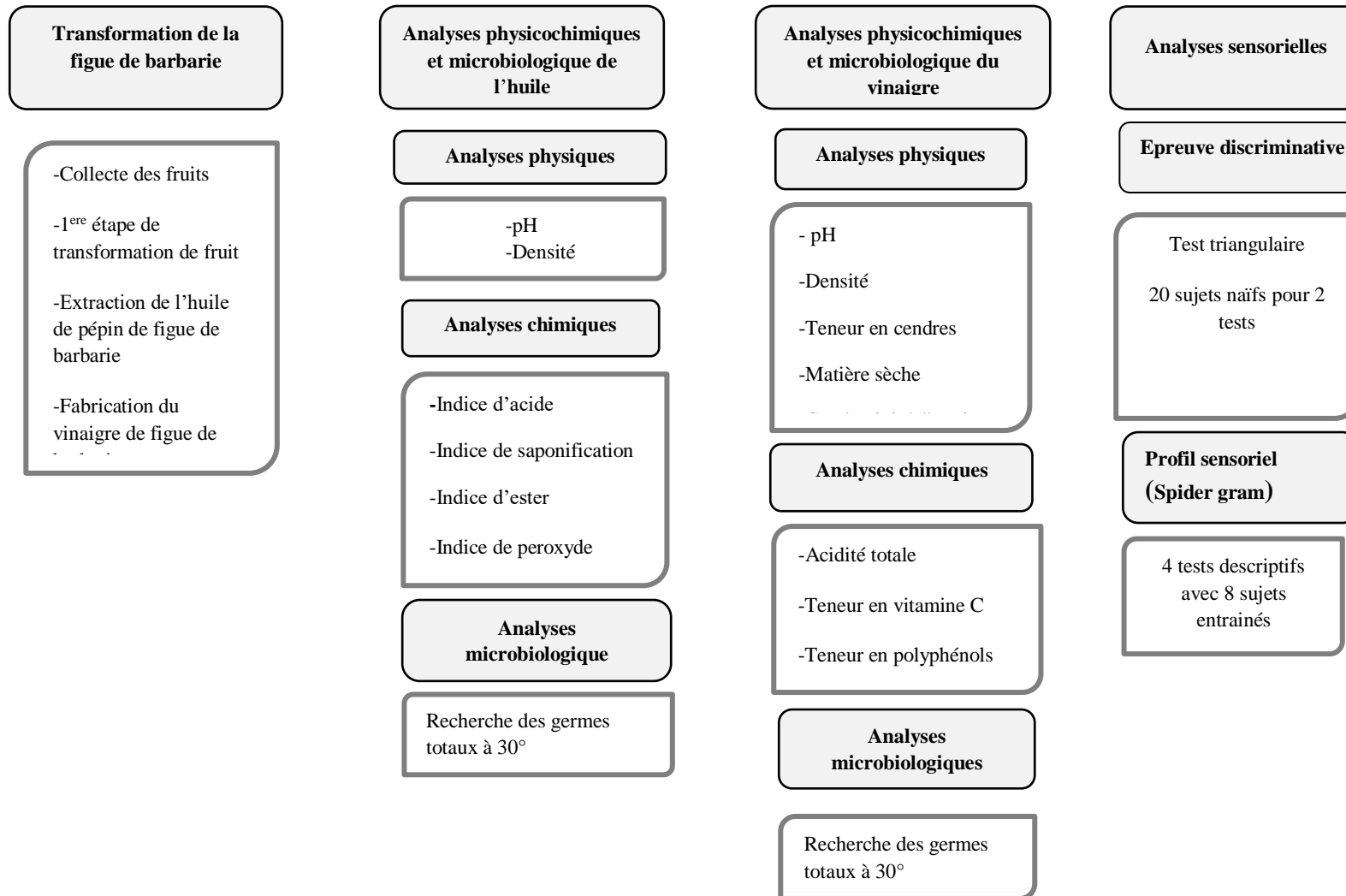


Figure 03 : Aperçu général des méthodes adoptées et des paramètres étudiés pour la réalisation de la partie expérimentale.

Nous avons réalisé la présente étude dans l'objectif de valoriser le fruit de figue de Barbarie issue de cultures biologiques. Le présent travail concerne la transformation du jus et de pépins de figue de barbarie en vinaigre et en huile.

Pour cela nous avons réalisé un stage d'une durée d'un mois, au niveau d'une unité de transformation située à Agouni Gueghrane, à Ouadhias, dans la wilaya de Tizi Ouzou. Au sein de cette unité, nommée "Oléa Agro", nous avons eu l'opportunité d'approfondir notre compréhension de la valorisation de ce fruit précieux. Notre mémoire se concentre principalement sur deux produits de haute qualité issus de la figue de Barbarie : l'huile de pépin de figue de Barbarie, réputée pour ses nombreuses vertus et ses propriétés prestigieuses, ainsi que le vinaigre de figue de Barbarie, produit prometteur aux multiples facettes.

Cette partie méthodologique est dédiée à décrire en détail le déroulement de notre stage, ainsi que les méthodes et les démarches que nous avons entreprises pour mener à bien notre recherche sur ces produits.

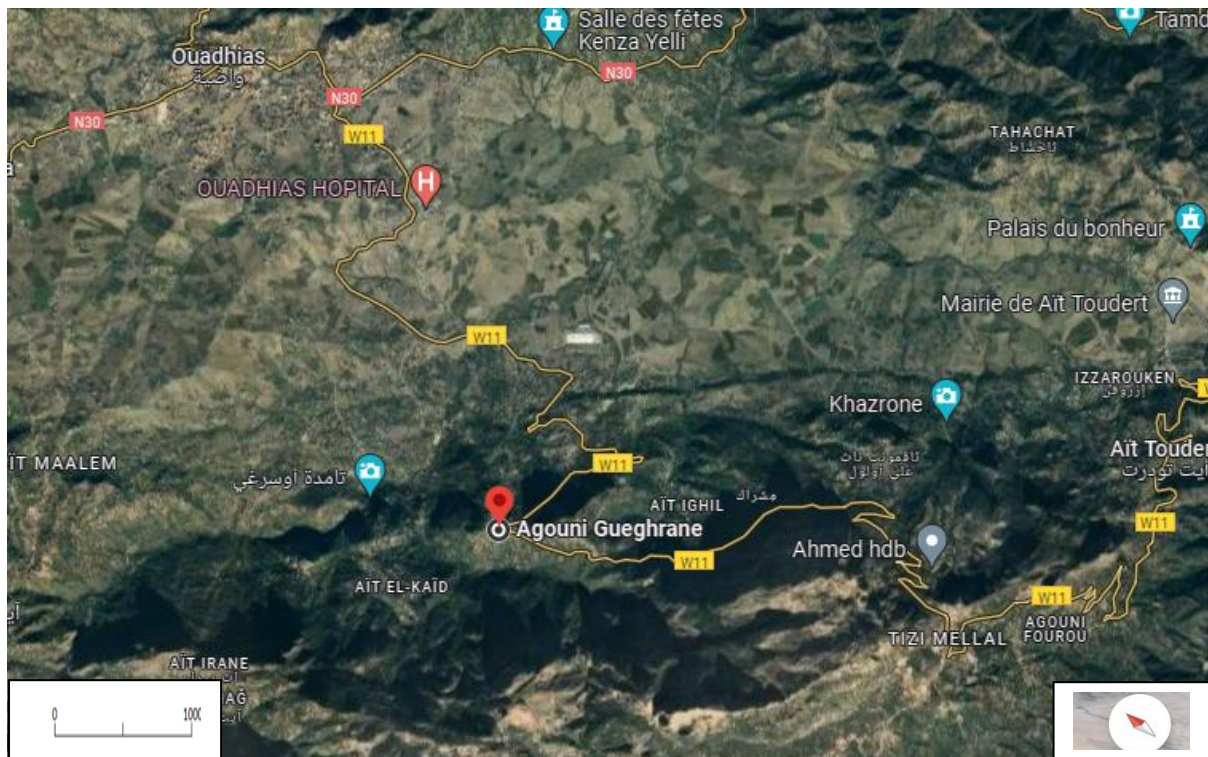


Figure 03 : Emplacement géographique de l'unité de production
(Source : Google Maps 2024)

1. Transformations du fruit de figue de barbarie

1.1. Collecte des fruits du figuier de barbarie

1.1.1. Saison de récolte

Les fruits de figues de barbarie sont généralement récoltés de juillet à septembre lorsque leur maturité est optimale.

1.1.2. Critères de maturité

Les fruits murs sont de couleur rouge vif ou jaune orangé, légèrement mous au toucher et dégagent un parfum sucré.

1.1.3. Méthode de récolte

Les fruits peuvent être récoltés à la main ou à l'aide d'outils spéciaux pour éviter les piqûres des épines.

1.1.4. Site de récolte

Les fruits utilisés par « Oléa-Agro » proviennent notamment de Tizi Ouzou, Bouira, Boumerdes et Bejaïa.

Remarque

Selon **MR M. MEZRED** (directeur et responsable de l'unité de production), le rendement moyen des graines du fruit est de 30 kg pour extraire 1 litre d'huile .

Cependant cela diffère d'une région à une autre :

- Régions de l'est : 28 kg pour 1 litre ;
- Régions de l'ouest : 33 kg pour 1 litre ;
- Régions de la Kabylie : 23 kg pour 1 litre ;

1.1.5. Préparation des fruits

Les fruits sont soigneusement lavés à l'eau courante pour éliminer la poussière, la saleté et les résidus.

1.2. Première étape de transformations du fruit de figue de barbarie

Les fruits préalablement triés et lavés sont reçus dans un bac puis transportés par le convoyeur.

- **Convoyeur**

Système mécanisé utilisé pour déplacer les fruits depuis le point de collecte jusqu'à machines de transformations.

Les fruits sont ensuite coupés en petits morceaux à l'aide d'un broyeur.

- **Broyeur**

Machine utilisée pour réduire la taille des fruits, son rôle principal est de faciliter le traitement des fruits pour en extraire le jus et/ ou les pépins.

Après broyage, les graines et la pulpe du fruit sont isolées par un séparateur.

- **Séparateur**

Équipement utilisé pour séparer les différentes fractions de fruits en fonction de leurs tailles.

- **Laveuse**

Le bac contenant le produit sera remplie d'eau de rinçage afin d'éliminer les résidus et les épines.

- **Rinceuse**

Machine utilisé pour laver et rincer les graines.

- **Ejecteur**

Dispositif assurant l'éjection des graines dans un bac différent de celui du jus de figues de barbarie.

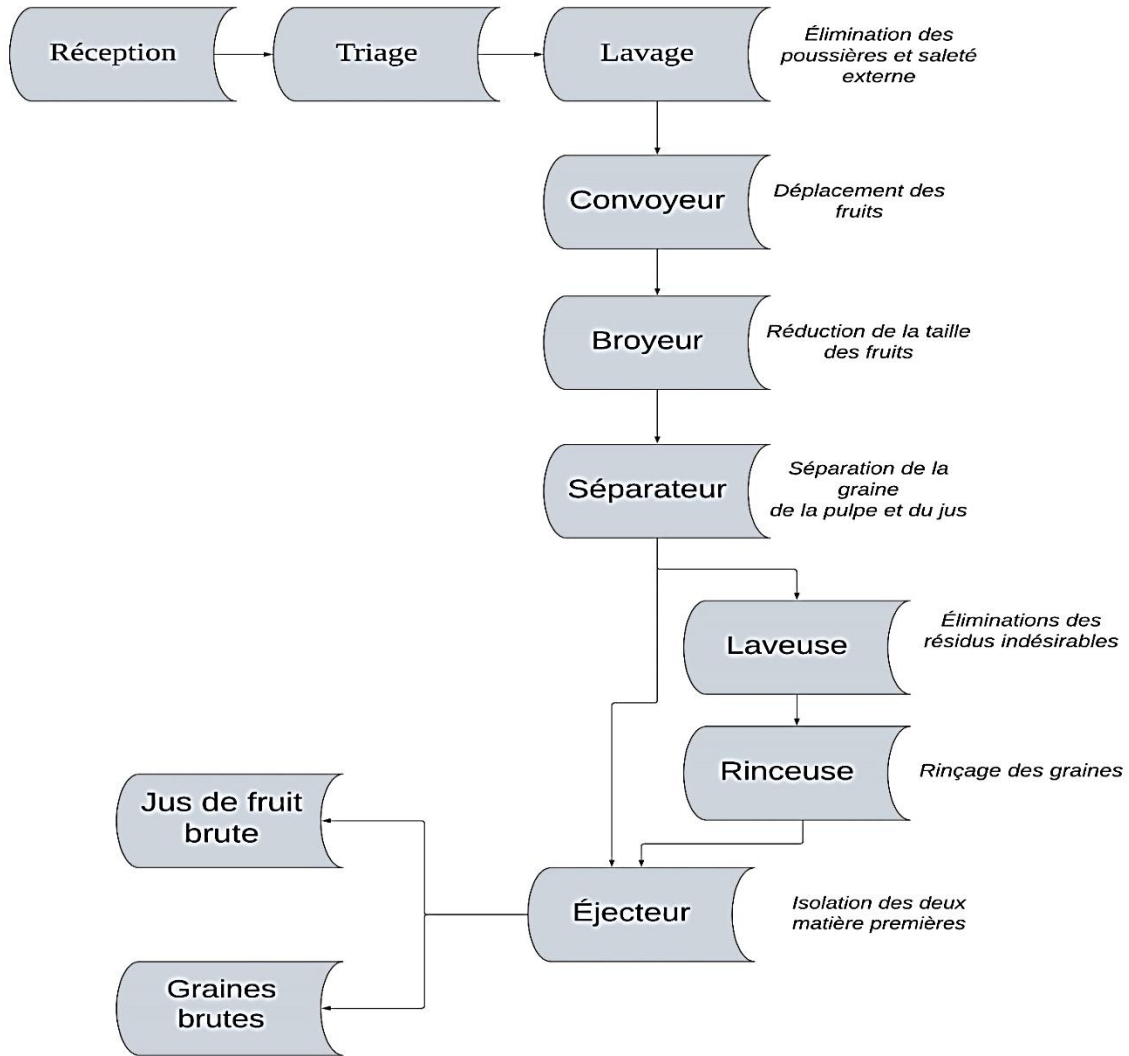


Figure 04 : Diagramme récapitulatif de la première transformation de la figue de barbarie

1.3. Extraction d'huile de pépin de figues de barbarie

1.3.1. Traitement des graines de figue de barbarie

1.3.1.1. Séchage des graines

Les graines collectées doivent être séchées, après lavage, soit par l'air libre (20 jours jusqu'à 1 mois) ou au soleil (pendant une semaine). Le séchage est une étape primordiale, car la graine doit rester souple tout en étant débarrassée de son humidité, ceci afin d'obtenir l'huile de la meilleure qualité possible. Suite au séchage, les pépins de figue de barbarie sont stockés à l'abri de la lumière et de l'humidité en attendant la prochaine étape de la production de l'huile.

La **figure 05** illustre le séchage des graines.



Figure 05 : Séchage des graines brutes à l'air libre

1.3.1.2. Tamisage des graines

La procédure de tamisage désigne le passage des graines à travers des tamis, elle est effectuée pour éliminer les impuretés et les débris.



Figure 06 : Graines brutes obtenues après le tamisage

1.3.2. Extraction d'huile à partir des graines de fige de barbarie

- Les pépins de fige de barbarie sont pressés à froid par une machine d'extraction d'huile appelée presse



Figure 07 : Presse multifonctionnelle à froid

La (figure 08) ci-dessous explique le principe de fonctionnement de la presse à froid.

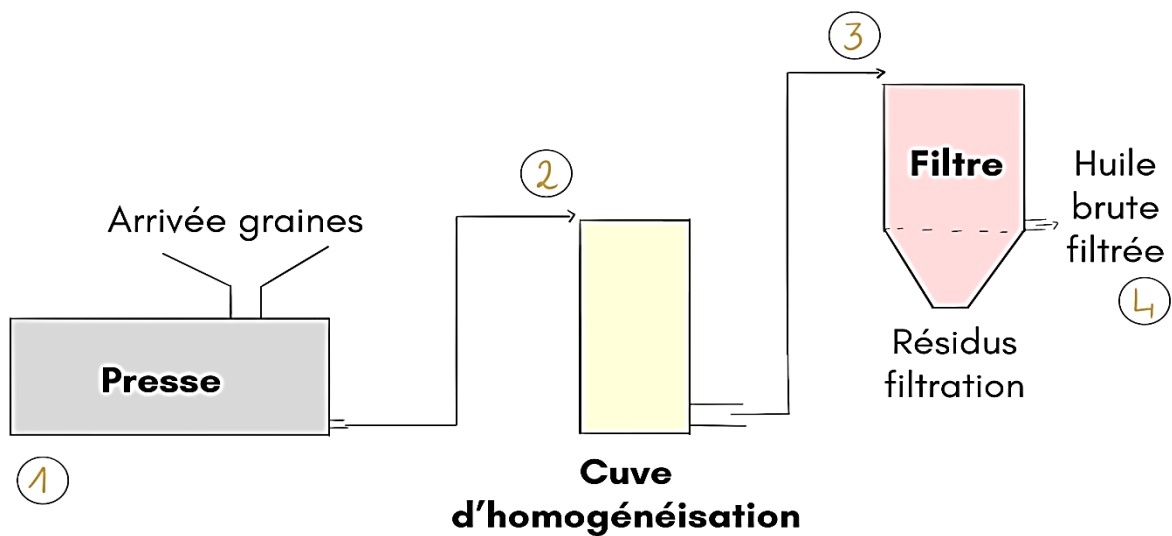


Figure 08 : Principe du fonctionnement d'une presse à froid



Figure 09 : Récupération des tourteaux

Les tourteaux sont des déchets compacte obtenu après l'extraction de l'huile. Ils sont destinés pour l'alimentation animale et pour l'usage cosmétique.

L'huile obtenue est ensuite filtrée pour éliminer les résidus ; la figure10 illustre le passage de l'huile à travers des filtres.



Figure10 : Filtration de l'huile

L'huile récupérée est ensuite décantée pendant au moins 24 heures pour être mise dans la remplisseuse et enfin conditionnée.

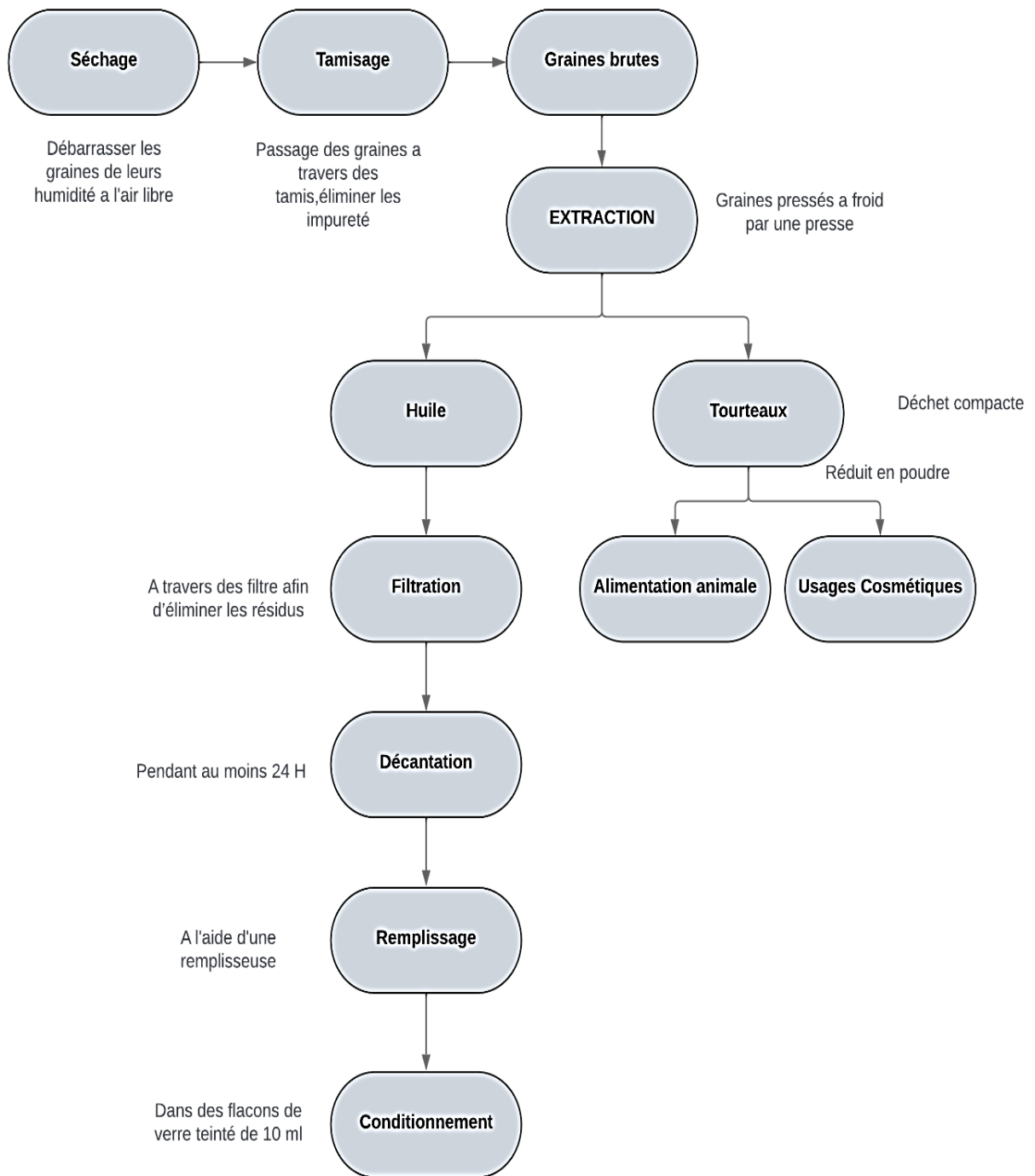


Figure 11 : Procédé de l'extraction de l'huile de pépins de figue de barbarie

1.4. Fabrication du vinaigre à partir du jus de figue de barbarie

En partant du jus brut de figue de barbarie obtenue après la transformation primaire du fruit, on procède à une double fermentation afin d'obtenir un vinaigre de figue de barbarie.



Figure 12 : jus de figue de barbarie brute

4.1. Principe de la double fermentation

La fabrication du vinaigre repose sur une double fermentation. La première est dite alcoolique : les sucres fermentescibles initiaux présents dans le jus de figue de barbarie sont transformés en alcool par les levures à la température ambiante pendant quelques jours.

Ces levures proviennent de différentes sources agricoles (figue de barbarie, pomme, raisins, betteraves, pomme de terre...).

Les matières premières les plus diverses qui servent à la fabrication du vinaigre sont : vin, alcool éthylique, cidre à sucre, malt, dattes, oranges, bananes...

La deuxième est dite acétique ou l'éthanol est oxydé en acide acétique par le biais des bactéries acétiques dans des conditions strict d'aérobiose, elle nécessite donc une très forte aération. **(Rahrah, 2019).**



Figure 13 : a) Fermentation alcoolique (anaérobiose) ; b) Fermentation acétique (aérobiose)

La figure 13 montre le déroulement de la fermentation du jus afin d'obtenir du vinaigre la figure(a) montre la première fermentation (alcoolique) du jus contenu dans une citerne alimentaire fermée (en anaérobiose).

Tandis que l'image adjacente(b) montre la fermentation acétique en conditions d'aérobiose (citerne couverte qu'avec des filtres en tissu alimentaire pour protéger uniquement des particules externes).

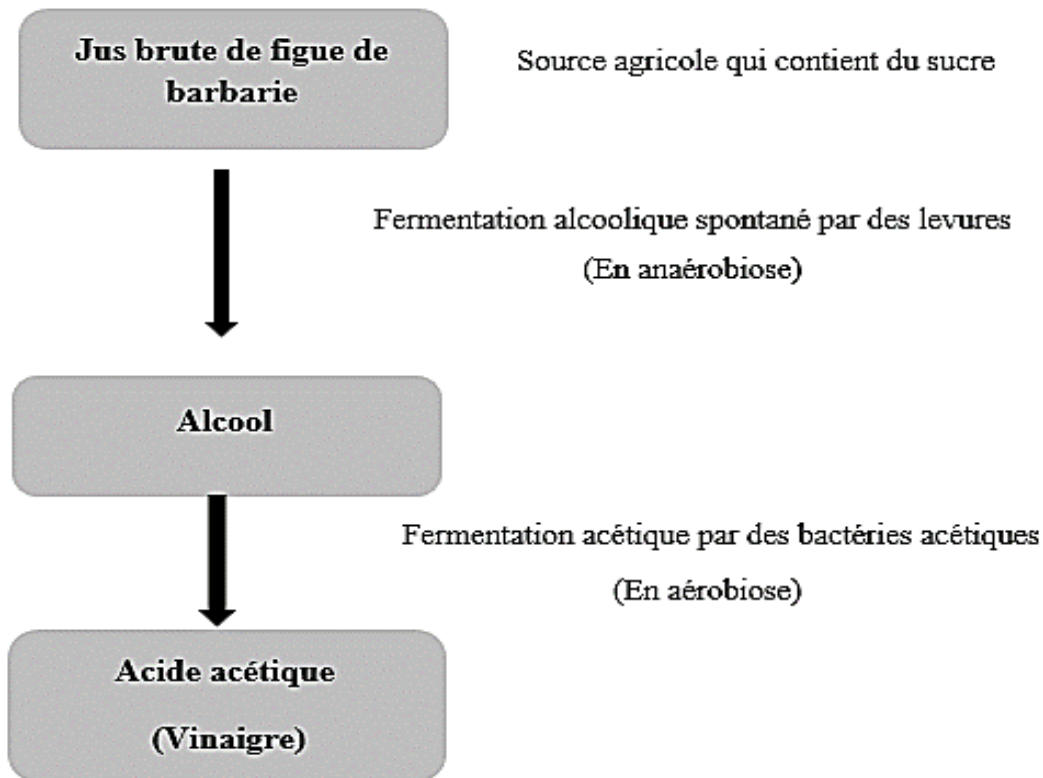


Figure 14 : Etapes de transformations du jus de figue de barbarie en vinaigre (Fermentations)

Les études et analyses suivantes ont été réalisées au sein des différents laboratoires de la faculté, notamment le laboratoire pédagogique de physicochimie N°2, le laboratoire de microbiologie, mais aussi le laboratoire de chimie pharmaceutique situé au département des sciences Ummto.

2. Analyses de l'huile de pépins de figue de barbarie

2.1. Analyse physique

2.1.1. Détermination du pH

Principe

La mesure du pH se fait via une méthode potentiométrique. On mesure la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence (MartinandLurin et Gruber, 2012).

Mode opératoire

- Peser 2g de l'huile dans un erlenmeyer de 25 ml.
- Ajouter 13 ml d'eau distillée chaude en agitant.
- Refroidir l'erlenmeyer dans un bain d'eau froide à température ambiante. Après avoir étalonné le pH-mètre avec des solutions tampons et immerger l'électrode dans l'erlenmeyer, noter la valeur de pH lue sur l'appareil du pH-mètre (**Jenwey , 3505**) (**Saeed-Ul-Hassan et Coll., 2013**).

2.1.2. Densité

Principe

La densité absolue ou la densité dans l'air est la masse dans l'air d'un volume d'huile à la température t / le volume d'huile à la même température (g/ml ou kg/l). La densité relative ou la gravité spécifique est la masse dans l'air d'un volume donné d'huile à la température t_1 / la masse dans l'air de même volume d'eau distillée à la température t_2 . Ce rapport est sans unité. Il est important de noter que les deux températures sont impliquées et la valeur n'a aucun sens que si les deux chiffres sont cités (**Gunstone , 2004**).

Mode opératoire

Nettoyer et sécher une fiole jaugée de 25 ml, puis la peser, la remplir d'eau distillée récemment bouillie et refroidie et la plonger dans un bain d'eau à une température donnée jusqu'à ce qu'elle atteigne cette température. Retirer la fiole du bain, l'essuyer extérieurement, laisser reposer quelque temps et peser. Vider et sécher la fiole, la remplir avec la prise d'essai d'huile précédemment amenée au voisinage de la température précédente. Maintenir la fiole dans un bain réglé jusqu'à ce qu'elle atteigne cette température. La retirer du bain, la sécher extérieurement, la laisser reposer pendant un peu de temps et la peser (**Journal officiel N°66, 2012**).

Expression des résultats

La densité est donnée par la relation suivante

$$dt = (m1 - m0) / Vt$$

$dt = (m1 - m0) / Vt$ (Paquot, 1979).

$m0$: masse (en g) de la fiole vide

$m1$: masse (en g) de la fiole remplie d'huile

Vt : volume (en ml) de l'huile dans la fiole à une température « t ».

2.2. Analyses chimique

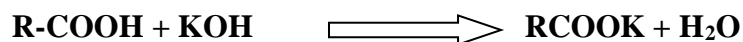
2.2.1. Indice d'acide

Principe

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres présents dans un gramme de corps gras (NF EN ISO 660, 2009, AFNOR NF T 60-204)

La prise d'essai est mise en solution d'un échantillon dans un mélange adapté de solvant. Puis titrage des acides présents avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (NF EN ISO 660, septembre 2009, AFNOR NFT60-204).

Le principe consiste à un dosage acido-basique correspondant à la neutralisation dont le schéma réactionnel est le suivant (Benattia, 2017).



Mode opératoire

Dans un erlenmeyer, peser 10 g d'huile. Verser 150 ml de mélange (éthanol 96% - diéthylether/ 1:1). Ajouter quelques gouttes de la phénolphtaléine. Agiter très énergiquement jusqu'à dissolution. Ensuite, titrer avec une solution de potasse éthanolique à 0,1 N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante (Paquot, 1979).

Expression des résultats

$$\mathbf{IA=(56.1x N x V)/m}$$

IA : indice d'acide

N : normalité de la solution éthanolique de KOH ;

V : volume de la solution éthanolique de KOH exprimé en ml ;

m : masse de la prise d'essai d'huile en g

F : 56,1

2.2.2. Indice de saponification

Principe

L'indice de saponification est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier un gramme de corps gras (**Paquot , 1979**).

Le principe consiste à faire bouillir l'échantillon dans le condenseur à reflux avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium et titrage de l'hydroxyde de potassium en excès avec de l'acide chlorhydrique en présence d'un indicateur (**Paquot, 1979**).

La réaction chimique suivante



K

Mode opératoire

Peser, dans un ballon, environ 2 g d'huile. Ajouter 25 ml de potasse éthanolique (0.5N). Porter à ébullition sous un réfrigérant à reflux pendant une heure en agitant de temps en temps. Titrer l'excès de potasse éthanolique dans la solution savonneuse chaude par l'acide chlorhydrique (0.5 N) en présence de la phénolphthaléine. Réaliser dans les mêmes conditions opératoires un essai à blanc (**Paquot , 1979**).



Figure 15 : Indice de saponification

Expression des résultats

$$IS = [56.1 \times N \times (V_0 - V)] / m$$

IS: Indice de saponification.

V₀ : volume de HCl en ml dans le test à blanc.

V : volume de HCl en ml nécessaire pour neutraliser l'excès de la potasse.

m : masse d'huile prise en g.

N: Normalité de HCl

F: 56,1

2.2.3. Indice d'ester

Définition

L'indice d'ester est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier les esters contenus dans un gramme de corps gras (**Paquot , 1979**).

L'indice d'estérification est donné par la relation suivante

$$\mathbf{IE = IS - IA}$$

IE : Indice d'estérification.

IS : Indice de saponification.

IA : Indice d'acide.

2.2.4. Indice de peroxyde

Principe

L'indice de peroxyde est une grandeur qui détermine d'une manière très grossière le degré d'oxydation d'une matière grasse (Jahouach, 2002). Il représente la quantité des substances de l'échantillon (exprimé en milliéquivalent d'oxygène actif par kilogramme) qui oxydent l'iodure de potassium (CEE 25 68 / 91).

La prise d'essai en solution dans un mélange acide acétique et chloroforme est traitée par une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est titré avec une solution de thiosulfate de sodium avec libération d'iode selon les réactions suivantes

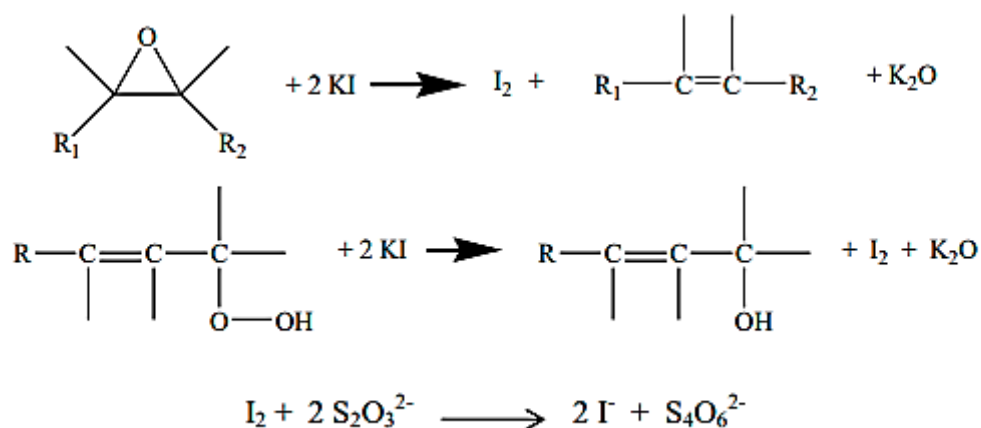


Figure 16 : Formule de libération d'iode

*KI : iodure de potassium

Mode opératoire

Effectuer la prise d'essai de 2 g d'huile. Transvaser à l'aide de 10 ml de chloroforme la prise d'essai dans le flacon. Ajouter 15 ml d'acide acétique et 1 ml de la solution saturée d'iodure de potassium. Boucher aussitôt le flacon en l'agitant pendant une minute et l'abandonner 5 minutes à l'obscurité. Au bout de ce temps, ajouter 75 ml d'eau distillée. Titrer en agitant vigoureusement l'iode libéré par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium (0.002 N) jusqu'à coloration jaune pale.

A ce moment ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon et continuer le titrage jusqu'à décoloration totale. Effectuer de la même façon un essai à blanc (**Paquot , 1979, Journal officiel N°64, 2011**).

Remarque

Voir dans l'annexe 5 le mode opératoire pour la préparation des solution suivante (Solution d'iodure de potassium saturée, solution aqueuse de thiosulfate de potassium et solution d'amidon.)

Expression des résultats

$$\text{IP} = [(V - V_0) \times N \times 1000] / m$$

Ip : Indice de peroxyde ;

N : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium ;

m : masse d'huile prise en g ;

V : volume de thiosulfate nécessaire pour titrer l'excès d'iode (ml) ;

V0 : volume de thiosulfate nécessaire pour titrer l'essai à blanc (ml) ;

2.2.5. Indice d'iode

L'indice d'iode d'une graisse est le nombre de grammes d'halogène absorbé par 100 grammes de la graisse et exprimé en poids d'iode (**Paquot , 1979**)

Mode opératoire

- Peser 0.2 g d'huile introduite dans un ballon
- Ajouter 1 ml d'éthanol puis 10 ml d'iode alcoolique et 30ml d'eau distillé
- Agiter énergiquement pendant 5 min puis le laisser à l'abri de la lumière 30 min environ
- Titrer l'iode libéré par la solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 0.1 N jusqu'à l'apparition de la coloration jaune.
- Ajouter 1 ml de solution d'amidon 1 % pour avoir une coloration bleu foncé
- Poursuivre la titration avec la solution de thiosulfate de sodium jusqu'à la disparition de la couleur bleue.
- Noter le volume de titration

Expression des résultats

$$I_i = N(V_0 - V) / P \times 12.69$$

I_i : Indice d'iode

V_0 : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc.

V : volume en ml du thiosulfate de sodium utilisé pour titrer l'excès d'iode.

N : normalité de thiosulfate de sodium.

P : poids en gramme de la prise d'essai.

F : 12,69

2.2.6. Dosage des polyphénols

2.2.6.1. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques est réalisée selon le protocole de **Pirisi et al** Pour extraire les composés phénoliques, 2 g d'huile ont été introduits dans un tube, additionnés de 1 ml n-hexane et 2 ml de méthanol 60%. Après homogénéisation, la mixture a été centrifugée pendant 5 min à 3000 tours. Le surnageant (méthanol) contenant les polyphénols a été récupéré. Cette procédure a été répétée deux fois afin d'épuiser l'huile. Les surnageant, ont été réunis avant d'être concentrés à sec sous vide à 40°C, puis récupérés dans 1 ml de méthanol 50%

(**YAHIAOUI et al., 2020**).

2.2.6.2. Dosage des polyphénols

Les composés phénoliques ont été déterminés selon la méthode préconisée par **Vasquez Roncero et al** qui utilise le réactif Folin-Ciocalteu's et l'acide gallique comme standard. Pour cela, 500 µl de réactif Folin-Ciocalteu's et 450 µl d'eau distillée ont été ajoutés à un tube contenant 50 µl d'extrait avec agitation vigoureuse. Après 3 minutes, 400 µl de Na₂CO₃ (75 g.L⁻¹) ont été additionnés. Les tubes ont été incubés à 25°C à l'obscurité pendant 40 minutes. L'absorbance a été lue à 725 nm contre un blanc contenant le méthanol au lieu de l'extrait. La teneur en composés phénoliques de l'extrait a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage d'acide gallique.

2.3. Analyse microbiologique

L'analyse de la qualité hygiénique se base sur la connaissance de la flore microbienne existante dans le produit alimentaire. Cette appréciation reste de nos jours la meilleure méthode d'appréciation de la qualité d'un aliment.

La recherche des germes totaux, selon la norme NA1207 décrite dans le journal nationale n°39 du 02 juillet 2017 ;

Après incubation à 30 °C pendant 72 heures, les germes aérobie et anaérobie sont identifiés.

3. Analyses du vinaigre de figue de barbarie

3.1. Analyse physique

3.1.1. Détermination du pH

Principe

La mesure du pH se fait via une méthode potentiométrique. On mesure la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence (**MartinandLurin et Gruber ,2012**).

3.1.2. Densité

La densité nous informe sur l'état de notre produit par la mise en œuvre du taux de matière solide et la viscosité. Elle est considérée dans la mesure où elle nous renseigne sur l'aptitude

des micro-organismes vis-à-vis de l'état physique du milieu dans lequel ils vivent (**Guiraud, 1998**)

Pour une mesure plus précise, on a utilisé un pycnomètre. Ce petit récipient dont la forme rappelle celle de la fiole, est caractérisé par un volume très précis. La détermination de la densité s'effectue par pesée.

3.1.3. Teneur en cendres

Principe

La teneur en cendres nous donne un renseignement sur la composition minérale de notre échantillon (**Cardi et al ,2016**).

Mode opératoire

Les cendres totales sont déterminées par incinération. Un étuvage à 105 °C pendant 24 heures des échantillons, est suivi par une calcination au four à moufle HERAUS (1 heure à 550 °C environ) (**Cardi et al ,2016**).

3.1.4. Détermination de la conductivité électrique

Principe

La conductivité électrique exprime l'aptitude d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette aptitude dépend des ions présents dans la solution, de leur concentration totale, de leur valence, de leur mobilité, de leur concentration relative et de la température de la solution. (**Maalem, 2022**)

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{s}/\text{Cm}^3$.

Mode opératoire

A l'aide d'un Conductimètre, on mesure la conductivité électrique du vinaigre de figue de barbarie

3.1.5. Taux de solide soluble TSS (refractomètre).

Principe

Le principe consiste à un Mesurage l'aide d'un réfractomètre convenable de l'indice de réfraction de l'échantillon liquide (**Paquot , 1979**).

Mode opératoire

L'échantillon liquide à analyser est placé entre deux prismes. Un faisceau incident rasant est envoyé entre les deux prismes. La détection de la limite entre la réfraction et la réflexion totale permet d'en déduire l'indice de réfraction du liquide (**Martinand-Lurin et Gruber, 2012**).

3.1.6. Détermination de la matière sèche

Une balance analytique dessiccatrice (annexe01) est un instrument de mesure de haute précision qui combine les fonctions de pesage et de dessiccation pour déterminer la teneur en humidité d'un échantillon. Nous avons utilisé cette balance pour déterminer le taux d'humidité et le taux d'extrait sec d'un échantillon de 3 g de vinaigre sur une période de 15 minutes.

Grâce à sa capacité à mesurer précisément la perte de masse due à l'évaporation de l'eau, cet appareil permet d'obtenir des données fiables et précises sur le taux d'humidité de l'échantillon.

3.2. Analyses chimique

3.2.1. Détermination de la teneur en acidité totale

Le test d'acidité titrable est l'un des nombreux types de tests chimiques dans lesquels un composant est titré avec une solution standard de force connue à un point indicateur. À partir du volume et de la concentration de la solution étalon employée dans le titrage, ainsi que de la taille de l'échantillon, on peut calculer la concentration du composant dans l'échantillon (**Maalem, 2022**).

Le dosage de l'acidité titrable est une méthode volumétrique qui emploie une solution standard d'hydroxyde de sodium qui réagit avec les acides organiques de l'échantillon, titrant jusqu'à un point final de phénolphthaléine ou de pH. La normalité de la solution d'hydroxyde de sodium, le volume utilisé et le volume de l'échantillon à tester sont employés pour calculer l'acidité titrable, en l'exprimant en termes d'acide prédominant présent dans l'échantillon. Dans cet examen de laboratoire, l'acide standard, le phtalate acide de potassium est utilisé pour établir la normalité

exacte de l'hydroxyde de sodium standard qui est ensuite utilisé pour établir l'acidité titrable des produits alimentaires (Nielsen, 2010) .

Les résultats sont exprimés par le règle :

$$\% = \frac{V \cdot E \cdot 100}{M}$$

V : le volume dépensé

E : la quantité équivalente d'acide de 1 ml d'hydroxyde de sodium 0,1 M

M : la quantité réelle d'échantillon titré qui était de 10mL dans cette étude.

3.2.2. Dosage de l'acide ascorbique (vitamine C)

La vitamine C est très sensible à l'oxygène et aux oxydants, de plus elle détruite par la lumière. (AFNOR., 1986)

Principe

Il consiste en un titrage avec une solution d'iode en présence d'une solution d'acide sulfurique.

Mode opératoire

Introduire 50 ml d'échantillon dans un bécher, ajouter 3ml de H₂SO₄ a 0,1 N et quelques gouttes d'empois d'amidon a 0,5%. Titrer avec l'iode 0.05 N jusqu'apparition d'une coloration vert persistante.

Expression des résultats

Le dosage de la vitamine C dans l'échantillon est déterminé par la formule suivante

$$Y = V1 \times 20 \times 4,4$$

Y : la quantité de la vitamine C

V₁: volume d'iode en ml

F : 4,4

3.2.3. Dosage des polyphénols

Principe

Les polyphénols, encore appelés composés phénoliques, sont des molécules spécifiquement présentes dans le règne végétal et appartenant à leur métabolisme secondaire. On les trouve dans les plantes, des racines aux fruits. (**Achat, 2013**).

Dans cette étude, la méthode de Folin-phénol a été utilisée pour déterminer le contenu total en phénols. Dans une solution alcaline, le réactif Folin-phénol peut oxyder les polyphénols quantitativement, tandis que le Folin-phénol lui-même est réduit en un composé bleu. Le degré de changement de couleur est proportionnel au le nombre de groupes phénoliques (**Zhao et al., 2016**).

Mode opératoire

Un échantillon de 0,010 g d'étalon d'acide gallique, de poids constant a été dissous dans 100 ml d'eau distillé à 105 C° pour former la solution étalon d'acide gallique à 0,10 mg/mL. Une série de solutions étalons d'acide gallique de 0,0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, et 0,9 mL ont été transférées dans des tubes de 10 mL.

Ensuite, de l'eau distillée a été ajoutée à chaque tube jusqu'à l'obtention d'un volume total de 1 mL. Ensuite, 2 ml de réactif Folin-phénol ont été ajoutés dans chaque tube et laissé au repos pendant 3 min. après ce temps de pose 2 mL de Na₂CO₃ à 10 % ont été ajoutés, et l'échantillon est laisse à l'obscurité pendant 1 heure. L'absorbance ont été mesurées à 700 nm (**Zhao et al., 2016**).

L'échantillon de vinaigre sont d'abord centrifugé avec une centrifugeuse plus traite de la même manière que le standard. Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalents d'acide gallique par litre de vinaigre (mg EAG/L). 3 essais sont réalisés pour le dosage de ces éléments proportionnels au le nombre de groupes phénoliques (**Zhao et al., 2016**).

3.2.4. Dosage des sucres réducteurs

Dosage spectrophotométrique des sucres réducteurs par DNS (acide 3,5- dinitrosalicylique)

Principe

La détermination des sucres réducteurs est basée sur la méthode DNS décrite par (**MILLER, 1959**), est basée sur une réaction d'oxydo-réducteur, à chaud et en milieu alcalin, il y a réduction de l'acide 3,5-dinitrosalicylique (aussi appelé acide 2-hydroxy-3,5- dinitrobenzoïque) de couleur jaune qui joue le rôle d'oxydant, le glucose étant le réducteur. Le composé obtenu (l'acide 3-amino 5-nitrosalicylique) est rouge orangé à reflets pourpres qui absorbe à 700 nm. Cette méthode nécessite la réalisation d'une courbe étalon avec du glucose.

Mode opératoire

- Des dilutions (10⁻¹ ; 10⁻² ; 10⁻³) ont été réalisé.
- Réalisation de la gamme de concentration du glucose. A partir d'une solution mère de glucose (1g/l) nous avons réalisé une gamme de concentration, selon le tableau suivant :

Tube	1	2	3	4	5	6
Solution glucose (ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Eau distillée	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0
Concentration du glucose mg/ml	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

- Ajouter 2ml de réactif de DNS
- Chauffer au bain marie pendant 5min
- Refroidir par écoulement d'eau sous le robinet
- Ajouter 7ml d'eau distillée et homogénéiser
- Laisser reposer 15min
- Faire la lecture à 700nm contre le blanc

3.3. Analyses microbiologiques

L'analyse de la qualité hygiénique se base sur la connaissance de la flore microbienne existante dans le produit alimentaire. Cette appréciation reste de nos jours la meilleure méthode d'appréciation de la qualité d'un aliment.

La recherche des germes totaux, selon la norme NA1207 décrite dans le journal nationale n°39 du 02 juillet 2017 ;

Après incubation à 30 °C pendant 72 heures, les germes aérobie et anaérobie sont identifiés.

4. Analyse sensorielle

L'huile de pépins de figue de Barbarie et le vinaigre de figue de Barbarie, extraits du fruit du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), ont gagné en popularité en raison de leurs propriétés nutritionnelles et de leurs bienfaits pour la santé.

Dans l'évaluation de ces produits, l'analyse sensorielle occupe une place essentielle. Cette discipline, cruciale dans divers secteurs industriels tels que l'alimentation, la cosmétique et la pharmacie, se focalise sur l'évaluation des caractéristiques sensorielles des produits via les réponses perceptuelles des individus. En utilisant une approche multidisciplinaire qui explore les cinq sens humains, à savoir la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe, l'analyse sensorielle permet de saisir comment ces sens interagissent dans la perception des stimuli. Elle fournit ainsi des données objectives et subjectives sur les propriétés organoleptiques des produits, permettant une évaluation précise de leur qualité et de leur attrait pour les consommateurs.

Au cours de notre formation théorique, qui s'est étendue de septembre à décembre, nous avons approfondi nos connaissances en analyse sensorielle, un domaine fondamental tant dans l'industrie agroalimentaire que cosmétique. Notre programme a couvert en détail les principes fondamentaux de cette discipline, y compris les diverses méthodes et techniques d'évaluation sensorielle, ainsi que leurs applications concrètes dans l'amélioration de la qualité des produits

et le développement de nouvelles formulations. Nous avons également étudié en profondeur les principales épreuves sensorielles utilisées, telles que le test discriminatif, le test descriptif et le test de préférence, afin de mieux appréhender leur utilisation pour évaluer les caractéristiques organoleptiques des produits. Par ailleurs, nous avons été formés à la sélection rigoureuse des membres du jury pour ces épreuves, en tenant compte de critères tels que leur sensibilité sensorielle, leur impartialité et leur capacité à fournir des évaluations précises et fiables.

En parallèle, notre formation pratique dispensée au sein des laboratoires de la faculté UMMTO a complété notre apprentissage théorique par des exercices concrets. Nous avons ainsi eu l'opportunité de participer activement à des jurys sensoriels, commençant par des tests de reconnaissance de saveur afin d'évaluer notre capacité à identifier et distinguer différentes nuances gustatives. Ensuite, nous avons été initiés à des tests triangulaires impliquant une diversité de produits, incluant nos produits d'intérêt tels que le vinaigre et l'huile de figue de Barbarie, ainsi que d'autres produits comme des fromages et des biscuits. Ces exercices pratiques ont joué un rôle essentiel dans le perfectionnement de nos compétences sensorielles, nous permettant de mieux appréhender les subtilités des caractéristiques organoleptiques des produits et de développer une expertise solide dans le domaine de l'évaluation sensorielle.

4.1. Déroulement de la formation pratique

4.1.1. Test de reconnaissance des saveurs : ISO 13300 :2018

Le test de reconnaissance de saveur selon la norme ISO (Organisation internationale de normalisation) est codifié sous le numéro ISO 13300 :2018. Cette norme spécifie une méthode pour évaluer la capacité des participants à reconnaître et à différencier les saveurs de divers échantillons.

Pour le teste de reconnaissance de saveurs on a procédé ainsi :

- Nettoyage des postes.
- Préparation des échantillons et leur numérotation.

Chaque poste de dégustation est muni de :

- Bouteille d'eau et d'un verre pour le rinçage de la bouche pendant la dégustation.
- Serviette en papier.
- Bulletin de réponse (annexe

Les figures suivante montre le déroulement de l'épreuve.



Figure 17 : Déroulement du test de reconnaissance de saveurs

4.1.2. Test triangulaire Norme NF ISO 4120 (2004)

L'épreuve triangulaire est l'épreuve discriminative la plus universellement utilisée. Elle a largement prouvé son efficacité par sa grande utilisation. Son principe est très simple, 3 produits dont 2 identiques, sont proposés à N juges, en effet la tâche pour les sujets consiste à déterminer quel est l'échantillon non répété.

Pour Le teste triangulaire nous avons suivi les étapes suivantes

- Nettoyage des postes de dégustation ;
- Étiquetage des produits de façon anonyme et neutre en utilisant des codes composés de trois chiffres.

Chaque poste de dégustation est muni de :

- Bouteille d'eau et verre pour le rinçage de la bouche pendant la dégustation ;
- Serviettes en papier pour les éventuels débordements ;
- Bulletin de réponse

Les échantillons sont disposés dans des assiettes. Les figures suivantes montrent des dégustateurs effectuant une évaluation sensorielle des produits étudiés.



Figure 18 : Déroulement des tests triangulaires

4.2. Analyse sensorielle des produits étudiés

4.2.1. Tests discriminatifs

Le test discriminatif a été réalisé sur l'huile de pépins de figue de barbarie (HPF) et une huile d'olive (HO).

Tandis que le vinaigre de figue de barbarie (VF) a été comparé à un vinaigre de cidre (VC).



Figure 19 : Déroulement du test triangulaire pour l'HPF et HO

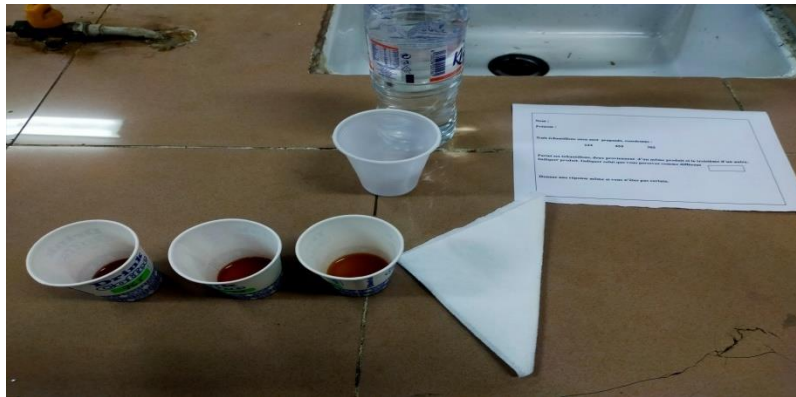


Figure 20 : Déroulement du test triangulaire pour le VF et VC

4.2.2. Profils sensoriel

Réalisés par un jury d'experts, les tests descriptifs ouvrent un monde de possibilités dans le domaine de l'analyse sensorielle. Ils permettent de :

- Comprendre les liens entre l'appréciation d'un produit et ses attributs sensoriels spécifiques.
- Décrypter les différences entre deux échantillons en identifiant leurs nuances gustatives et olfactives.
- Combiner l'analyse sensorielle et les analyses instrumentales pour une compréhension approfondie des caractéristiques du produit.
- Suivre l'évolution d'un produit au fil du temps en observant les modifications de ses propriétés sensorielles.
- Sélectionner les attributs pertinents à évaluer lors des tests consommateurs pour cerner au mieux leurs préférences.
- Établir des spécifications de produits précises basées sur des critères sensoriels objectifs.

Les tests descriptifs peuvent se concentrer sur un seul ou plusieurs attributs dans un produit, générant ainsi un profil sensoriel complet. Ce profil offre une image détaillée du produit en regroupant l'ensemble des caractéristiques sensorielles perçues par les experts.

L'analyse sensorielle descriptive : Une démarche rigoureuse en deux étapes

1. Approche qualitative : Une description minutieuse du produit

Cette étape consiste à décrire méticuleusement le produit sous ses différents aspects sensoriels, tels que l'arôme, la texture, la saveur et l'apparence. Lun des défis majeurs réside dans l'harmonisation du vocabulaire utilisé par les juges afin d'assurer une cohérence dans les évaluations. Pour ce faire, il est essentiel de se référer à un vocabulaire commun établi et validé.

2. Approche quantitative : Mesure de l'intensité des descripteurs

Dans cette phase, l'intensité de chaque descripteur sensoriel identifié lors de l'analyse qualitative est mesurée. Cette quantification permet d'objectiver les perceptions des juges et d'établir des comparaisons précises entre les produits. Afin d'éviter la fatigue sensorielle chez les dégustateurs, il est recommandé de limiter le nombre de descripteurs à six(6) pour chaque caractérisation.

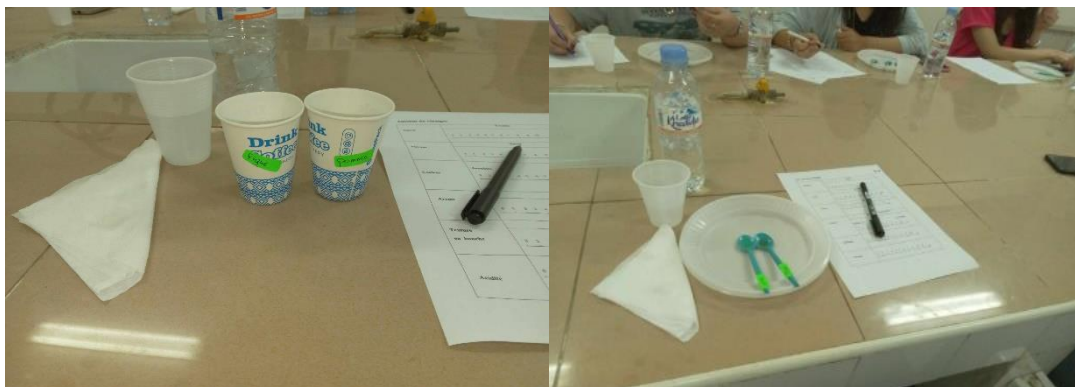


Figure 21 : Déroulement de l'évaluation sensorielle (test descriptif)

Les descripteurs concernaient l'aspect, la couleur, l'odeur, la flaveur, le goût et la texture des produits d'intérêt. Le tableau suivant résume l'ensemble des descripteurs retenus pour la réalisation des épreuves descriptives de l'huile de pépins de figue de barbarie et du vinaigre de

figue de barbarie. Le traitement statistique des résultats des épreuves descriptives a été réalisé avec Microsoft Excel 2016

Tableau XI : Descripteurs retenus pour les tests descriptifs de l'huile de pépin de figue de barbarie et du vinaigre de figue de barbarie

	Avant dégustation		Pendant la dégustation		Après la dégustation	
Aspect	Huile	Vinaigre	Huile	Vinaigre	Huile	Vinaigre
	Brillant					
	Opaque	Trouble				
Couleur	Jaune d'or à vert foncé	Du jaune au brun				
Odeur	Floral					
Texture	Légère			Lisse		
Gout			Amère	Fruité		
Flaveur			Acide			Aigre

Le local où se déroule les analyses sensorielles doit répondre à des normes bien précises (AFNOR NF V 09-105). Concernant les sujets, un certain nombre de consignes ont été préalablement communiqués aux juges avant d'être pris en considération (Tableau XII).

Tableau XII : Consignes pour le jury des épreuves sensorielles

Consignes	Commentaires
Avant la séance	
<p>Ne pas fumer, boire du café, manger des bonbons, chewing-gums ou autres aliments à forte saveur juste avant la dégustation.</p> <p>- Ne pas utiliser de rouge à lèvres.</p>	<p>Ces produits peuvent perturber la Perception du sujet en créant des saveurs parasites.</p>
<p>- Eviter l'emploi de lotions après rasage ou de parfum.</p> <p>- Ne pas fumer dans la salle de dégustation.</p>	<p>En plus de créer des odeurs parasites, ces produits peuvent incommoder d'autres personnes.</p>
<p>- Signaler au responsable un état maladif, une grossesse, la prise d'éventuels médicaments.</p>	<p>Le responsable ainsi tenu au courant pourra expliquer d'éventuels changements de performance du juge.</p>
<p>Etre ponctuel et prévenir en cas d'absence.</p>	<p>Si vraiment les circonstances font que le juge se présente à la séance dans un état psychologique qui ne permet pas sa concentration, il est préférable que celui-ci se désiste.</p>
Après la séance	
<p>Lire attentivement le questionnaire avant de commencer le test.</p>	
<p>Ne pas hésiter à poser une question ou à demander une explication si un point ne semble pas clair.</p>	<p>Si une question doit être posée, le juge appelle discrètement le responsable et pose sa question à voix basse.</p>
<p>Se rincer la bouche et attendre quelques minutes entre chaque échantillon.</p>	<p>Eviter le phénomène d'adaptation.</p>
<p>Ne pas parler pendant le test.</p> <p>- Ne pas influencer les autres juges.</p>	
<p>Vérifier qu'aucune question n'a été oubliée avant de quitter la séance.</p>	

***Résultats et
discussions***

1. Résultats de la transformation de la figue de barbarie

1.1. Résultats de la première transformation de la figue de barbarie

Le processus de transformation de la figue de barbarie permet d'obtenir deux matières premières distinctes : le **jus de fruit brut** et les **graines brutes**.

1.2. Résultats du traitement des graines

Après le traitement des graines de figue de barbarie on obtient des graines sèches qui peuvent être stocké pour une longue période et valorisé de différentes manières.

1.3. Résultats de l'extraction des graines figue de barbarie

Huile de pépins de figue de barbarie, un produit naturel précieux extrait des graines de figue de barbarie



Figure 22 : Huile de pépins de figue de barbarie commercialisée (Oléa-Agro)

1.4. Résultat de la fabrication du vinaigre de figue de barbarie

Le vinaigre de figue de barbarie, un produit naturel obtenu par fermentation de jus de fruit



Figure 23 : Vinaigre de figue de barbarie commercialisée (Olea-Agro)

2. Résultats des analyses de l'huile de pépins de figue de barbarie

2.1. Résultats des analyses physiques

Ce tableau exprime les résultats des analyses physique de l'huile de pépins de figue de barbarie.

Tableau XIII : Paramètres physique de l'huile de pépins de figue de barbarie

pH	Densité
5,09	0.930

2.1.1. pH

Le pH donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité du milieu, il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogènes libres contenu dans l'huile (Addou, 2017) .

La valeur du pH est de **5,09** elle peut être comparée aux valeurs trouvées dans différentes études et mémoires. En effet, (Ouassa et Mazighi, 2020) indique que l'huile de figue de barbarie a généralement un pH autour de 5,4, ce qui est assez proche de 5,09. Une autre étude mentionne un pH moyen de 4,9 pour des échantillons d'huile de figue de barbarie analysés. (Benattia, 2017)

Ces valeurs montrent que le pH de 5,09 de l'huile étudié se situe dans la plage normale observée pour ce type d'huile, légèrement plus bas que certains échantillons, mais toujours dans les limites typiques pour les huiles de graines de figue de barbarie.

2.1.2. Densité

L'indice de densité est un critère physique essentiel pour contrôler la pureté de l'huile extraite (Belarbi, 2010)

La densité relative de l'huile étudiée est de **0,930**. Cette valeur est légèrement supérieure à celles rapportées par (Gharby *et al* ,2015) et par (Musa *et al* ; Juhaimi, 2011), qui étaient respectivement de **0,906** et **0,907**. Cependant, elle est proche de celle trouvée par (Benattia ,2017), qui était de **0,925**.

Bien que la densité de notre huile qui est de **0.930** soit légèrement plus élevée que ses valeurs (**0.906, 0,907, 0,925**). Cela peut suggérer des différences potentielles dans les processus d'extraction, la variété de figues de barbarie utilisées, ou d'autres facteurs environnementaux et techniques influençant la densité de l'huile. Globalement, une densité de **0,930** reste compatible avec les standards de qualité attendus pour ce type d'huile.

2.2. Résultats des analyses chimiques de l'huile de pépins de figue de barbarie

Tableau XIV : Paramètres chimique de l'huile de pépins de figue de barbarie

Indice d'acide mg de KOH /g	Indice de saponification mg de KOH /g	Indice de peroxyde méq O ₂ /kg	Indice d'iode	Indice d'estérification
1,4	168,2	13,5	105,327	166,8

2.2.1. Indice d'acide

La connaissance d'indice d'acide d'une huile est considérée comme un bon moyen pour savoir son degré d'altération. Il s'agit d'un critère chimique de fraîcheur et de pureté de l'huile (Belarbi , 2010). L'indice d'acide est un paramètre de qualité, une acidité libre très élevée rend l'huile brute très fragile à l'oxydation.

L'huile de pépin de figues de barbarie étudiée a un indice d'acide de 1,4 mg de KOH/ g de corps gras elle est inférieure à celles rapportées par (**Benattia ,2017**) (2,66 mg de KOH/g) et par une autre étude (2,24 mg de KOH/g). Cela suggère que cette huile à un degré d'altération et d'oxydation plus faible, indiquant une meilleure fraîcheur et pureté chimique par rapport à ces échantillons.

Cette valeur de 1,4 mg de KOH/g est également bien en dessous du seuil maximal de 4 mg de KOH/g fixé par le Codex Alimentaires (**Codex alimentaires., 1981**) pour les graisses et les huiles vierges (4 mg de KOH/g au maximum) ce qui confirme que cette huile est de bonne qualité selon les normes internationales.

2.2.2. Indice de saponification

L'indice de saponification indique la longueur des chaînes de carbone des acides gras présents dans les triglycérides.

L'huile des graines de figues de barbarie étudiée a un indice de saponification de 168,2 mg de KOH /g elle est inférieure à celles trouvées par (**Gharby et al., 2015**) qui est de 185 mg de KOH / g et celle de (**Berrahil et Miloud,2019**) qui est de 189,33 mg de KOH / g.

2.2.3. Indice d'ester

L'indice d'estérification est déterminé par la quantité de potassium hydroxyde (KOH) nécessaire pour saponifier les esters contenus dans un gramme d'huile Plus cet indice est élevé, plus la concentration d'esters dans l'huile est grande.

L'indice d'estérification de notre huile est de 166,8 mg de KOH/g, ce qui est inférieur à celui rapporté par (**Berrahil et Miloud., 2019**), qui était de 187,09 mg de KOH/g.

2.2.4. Indice de peroxyde

En présence de l'oxygène de l'air, les acides gras insaturés entrant dans la composition des corps gras s'oxydent en donnant des peroxydes (**El kharrassi, 2014**).

Ce paramètre estime l'état d'auto-oxydation de l'huile, c'est un mécanisme lent mais inéluctable. En effet, les corps gras peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs (température élevée, eau, enzyme, trace de métaux). Cette auto-oxydation ou rancissement aldéhydique conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydro peroxydes) qui se décomposent ultérieurement en dérivés carbonyles aldéhydes et hydro cétones

(responsable de l'odeur de rance) et en divers produits oxygénés (alcools, acides...) (**Oudina et Baziz , 2017**).

La valeur de l'indice de peroxyde trouvée dans cette étude est de l'ordre de 13,5 méq O₂/Kg d'huile. Elle est conforme à la norme du **Codex alimentaires** qui préconise un indice inférieur ou égal à 15 milliéquivalents d'oxygène actif/kg pour les huiles vierges et les huiles pressées à froid (**codex alimentaires, 1981, Codex Stan 19-1981**).

Cette valeur est comparable avec celle trouvée par **brahmi et al (2016)** pour l'huile de figues de barbarie de variété algérienne (**12 méq O₂/Kg**). Et un peu inférieure à celle trouve par (**Berrahil et Miloud , 2019**) (**14,5 méq O₂/Kg**).

Cela indique que notre huile est de bonne qualité et stable en termes d'oxydation.

2.2.5. Indice d'iode

L'indice d'iode mesure globalement le degré d'insaturations des matières grasses. Plus cet indice est grand, plus l'huile est riche en acide gras avec des doubles liaisons

Dans notre étude l'indice d'iode est de 105,327 g I₂/ 100 g cette valeur est inférieure à celle trouvées par (**Berrahil et Miloud (2019)**) avec 114,43 g I₂/100 g et par **Drali et Ikhlef** qui est de 112 g I₂/100 g.

2.2.6. Résultats du dosage des polyphénols

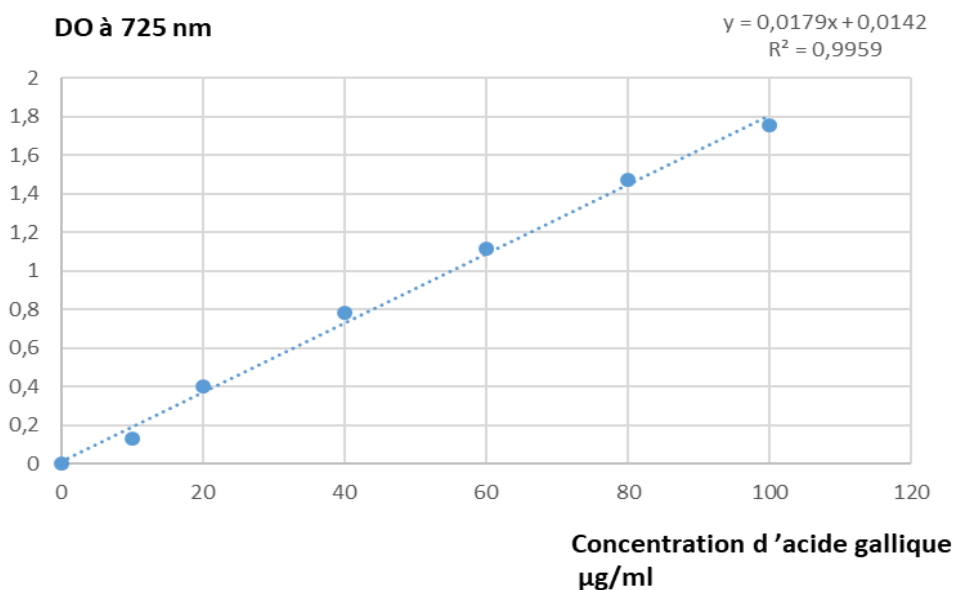


Figure 24 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (huile)

La valeur des polyphénols totaux de notre huile est 22.41 µg EAG/g, elle est légèrement supérieur a celle trouvé par (Brahmi et al., 2016) qui est de 21.15µg EAG/g.

2.3. Résultats des analyses microbiologique le l’huile de pépins de figue de barbarie

Tableau XV : Paramètre microbiologique de l’huile de pépins de figes de barbarie

Paramètre	Méthode d’analyse	Critères Microbiologique	Résultats ufc/g
Germes totaux à 30°	NA 1207	3.10 ² -10 ³	1.3.10 ²

D’après le **tableau XV** la qualité bactériologique de notre huile est satisfaisante conformément au journal officiel n°39 du 02 juillet 2017.

3. Résultats des analyses du vinaigre de figue de barbarie

3.1. Résultats des analyses physiques

Le tableau XVI résume les résultats des analyses physique du vinaigre étudié.

Tableau XVI : Paramètres physiques du vinaigre de figue de barbarie

pH	Densité	Teneur en cendre %	Conductivité CE µ /Cm ³	Humidité %	Matière Sèche %	Taux de solide soluble (TSS) Brix %
3.87	1.10	0.66	2030	97.92	2.06	5.8

3.1.1. pH

La détermination du pH est essentielle pour le contrôle d'une fermentation microbienne. Sa variation nous renseigne sur l'activité métabolique de la microflore.

La détermination du pH s’effectue dans nos conditions par une lecture directe à l’aide d’un pH-mètre préalablement étalonné, notre vinaigre a un ph situé autour de 3.87, une valeur toutefois similaire à celles trouver par **Djebari (2022)** qui sont respectivement 3.75 et 3.90.

3.1.2. Densité

Elle nous renseigne sur l'aptitude des microorganismes vis à vis de l'état physique du milieu, elle est mesurée à l'aide d'un pycnomètre .

Notre vinaigre a une valeur de 1.10 une valeur très proche et comparable à un vinaigre traditionnel de datte trouvé par **Khelil, (2017)** qui est de 1.08.

Selon **Sebihi (1996)**, les densités élevées des vinaigres étudiés peuvent être expliquées par la richesse de ces derniers en matières colloïdales en suspension, ce qui est responsable de leur aspect trouble, de la couleur très foncée et de leurs odeurs désagréables.

3.1.3. Taux de cendres

Le taux de cendre représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. Nous constatons selon le tableau XVI que le taux de cendre de notre vinaigre représente 0.66% **Bouaziz (2009)** travaillant sur le vinaigre de dattes, rapporte des valeurs comparables à celle que nous avons enregistré (entre 0,506 et 0,63%).

3.1.4. Conductivité électrique

Elle nous renseigne sur la teneur en sels solubles du produit, elle est mesurée par un conductimètre. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{Cm}^3$.

Le vinaigre de figue de barbarie a une conductivité de $2030\mu\text{S}/\text{Cm}^3$ une valeur inférieure à celle mentionnée par **Maalem (2022)** qui est approximativement de $5500\mu\text{S}/\text{Cm}^3$

Cependant elles sont largement inférieures à celle du vinaigre de dattes mentionnée $7638\mu\text{S}/\text{Cm}^3$. Les conductivités électriques des vinaigres traditionnels de dattes, relativement élevées pourraient être dues à la richesse de la datte en matières minérales. L'utilisation de l'eau du robinet, caractérisée par une charge indéniable de sels dissous, dans la fabrication de ces produits artisanaux peut aussi être à l'origine de l'augmentation de leur conductivité électrique (**Sebihi, 1996**).

3.1.5. Détermination de la matière sèche (MS)

La matière sèche des produits est déterminée par évaporation de leur humidité sans provoquer la volatilisation des substances constitutives du produit. Elle est obtenue par dessiccation à la balance analytique à dessiccation jusqu'à obtention d'un poids constant. La teneur en matière sèche de notre échantillon est respectivement de 2.08% et l'humidité représente donc 97.92%.

3.1.6. Taux de solide soluble (refractomètre)

Le paramètre Brix indique le pourcentage de solides solubles y compris le sucre, les sels et les protéines, dans un échantillon aqueux. Cependant les solides solubles totaux (TSS) pour notre vinaigre étudié est de 5.8° brix une valeur supérieure mais proche à celle établie par **Maalem (2022)** qui est de 4° brix .

3.2. Résultats des analyses chimique du vinaigre de figue de barbarie

Tableau XVII : Paramètres chimiques du vinaigre de figue de barbarie

Acidité totale %	Teneur en vitamine C %	Teneur en polyphénols totaux mg/l	Teneur en sucre réducteur %
1.35	0.0634	94.61	1.27

3.2.1. Détermination de la teneur en acidité totale

L'acide acétique peut avoir une triple origine :

- Provenir de l'oxydation de l'éthanol par les acétobacters ;
- du métabolisme des bactéries lactiques ;
- un produit secondaire formé par les levures au cours de la fermentation. (**Lafourcade, 1978**) ;(**Ouled elhadj et al., 2001**)

D'après le tableau XVII, La teneurs d'acidité totale du vinaigre de figue de barbarie est compris entre 1.35% ; les résultats concordent avec ceux rapportés par **Sebihi (1996)** allant de 1,23 à 3,03%(vinaigre de dattes). Mais elles sont toutefois inferieur à celle rapportée par **Dahmani (2009)** (4,44% pour le vinaigre de pomme), et **Maalem (2022)** (environ 3.5% pour le vinaigre de figue de barbarie).

3.2.2. Teneur en vitamine C

La vitamine C est un antioxydant naturel, son existence dans le vinaigre permet de rehausser sa valeur nutritionnelle

La composition en vitamine C dans notre vinaigre, montre une composition non négligeable qui est de 0,0634%.

Elle est supérieure à celle du vinaigre de mangue (0,029%) élaborée par **Mbungu et al (2016)**

Et situé dans la plage de celles étudié par **Bouaziz *et al* (2010)** qui oscillent entre $0,317 \pm 0,0300\%$ comme valeur minimale observée ; et $0,537 \pm 0,0960\%$ comme étant la valeur la plus

3.2.3. Teneur en polyphénols totaux

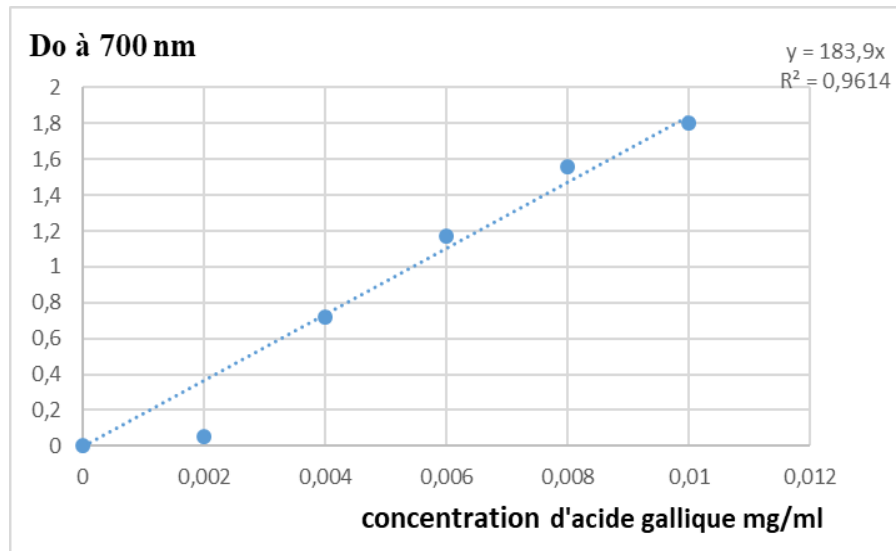


Figure 25 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique(vinaigre)

La teneur en composées phénolique du vinaigre est de l'ordre de 94.61 mg/l.

Une valeur située dans la plage des valeurs trouvé par **Maalem, (2022)** qui varie entre 90 et 94.10 mg/l pour différents vinaigre (dattes, balsamique et figue de barbarie). Ces valeurs sont plutôt élevées.

3.2.4. Teneur en sucres réducteurs

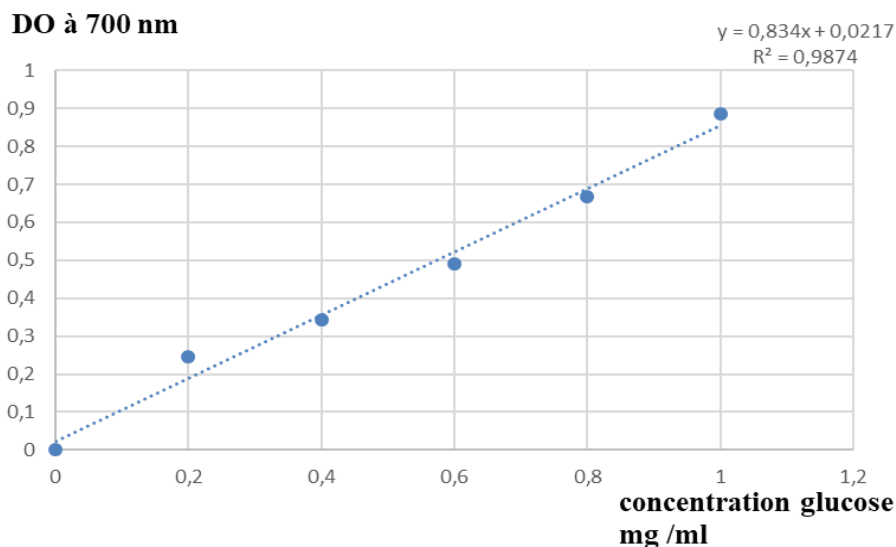


Figure 26 : Courbe d'étalonnage du glucose

La teneur en sucres réducteurs de notre vinaigre représente 1.27%.

On remarque que les sucres réducteurs sont quasiment utilisés par les microorganismes (métabolisme complet). Toutes les levures sont capables d'utiliser le glucose et le fructose pour la production d'éthanol en présence d'O₂.

L'essentiel de la fermentation est assuré par des souches appartenant au genre *Saccharomyces*. (Arab et Guezzoun, 2003).

On peut comparer notre valeur à celles trouvées par Dahmani, (2009) qui sont respectivement de 1.26 ;1.31 ; et 1.48% sur des vinaigres de différente variété de dattes.

3.3. Résultats des analyses microbiologique du vinaigre de figue de barbarie

Tableau XVIII : Paramètres microbiologiques du vinaigre de figue de barbarie

Paramètre du vinaigre	Méthode d'analyses	Critères microbiologique	Résultats ufc/g ufc/ml
Germes totaux à 30°	NA 1207	10 ⁴	Absence

D'après les résultats cités dans le tableau XVIII. On conclue que notre vinaigre est conforme au norme cité dans le journal officiel n°39 du 02 juillet 2017.

4. Résultats de l'analyse sensoriel

4.1. Résultat des tests discriminatifs (tests triangulaires)

Concernant test triangulaire NF ISO 4120 (2004), nous avons comparé dans chaque épreuve 2 produits tout en proposant aux dégustateurs 3 échantillons codés dont deux sont identiques provenant du même produit. La tâche des sujets étant d'identifier l'échantillon unique (proposé une seule fois). L'objectif du test triangulaire est de vérifier l'hypothèse de l'identité entre les trois échantillons proposés. Le traitement des résultats se fait sur la base du calcul du nombre de réponses correctes. Le traitement statistique des réponses se faisait en se référant à la table de la loi binominale (P=1/3) (Depledt, 2009).

Concernant les huiles comparées, sur l'ensemble de réponses recueillies, on comptabilise 20 réponses correctes sur 20 participant. Une différence significative et indéniable entre les deux huiles HPFB et HO, en calculant avec la table de la loi binominale on obtient une probabilité extrêmement faible ($\alpha < 0.001$) qui indique que personne n'a choisi la réponse correctement par hasard mais que la différence est perceptible.

Concernant les vinaigres, sur l'ensemble de réponses recueillies, on comptabilise 18 réponses correctes sur 20 participants. Une différence significative et indéniable entre les deux vinaigre VF et VC en calculant avec la table de la loi binominale on obtient une probabilité extrêmement faible qui indique que personne n'a choisi la réponse correctement par hasard mais que la différence est perceptible. Une différence significative a été perçue entre le VF et le VC avec un $\alpha < 0.001$

4.2. Résultats des tests descriptifs

4.2.1. Profils sensoriels des huiles

En se basant sur les descripteurs précédemment définis dans la partie méthodologie, le traitement des réponses des huit (8) sujets participant aux épreuves discriminatives nous a permis de tracer les profils sensoriels suivants pour les huiles étudiées

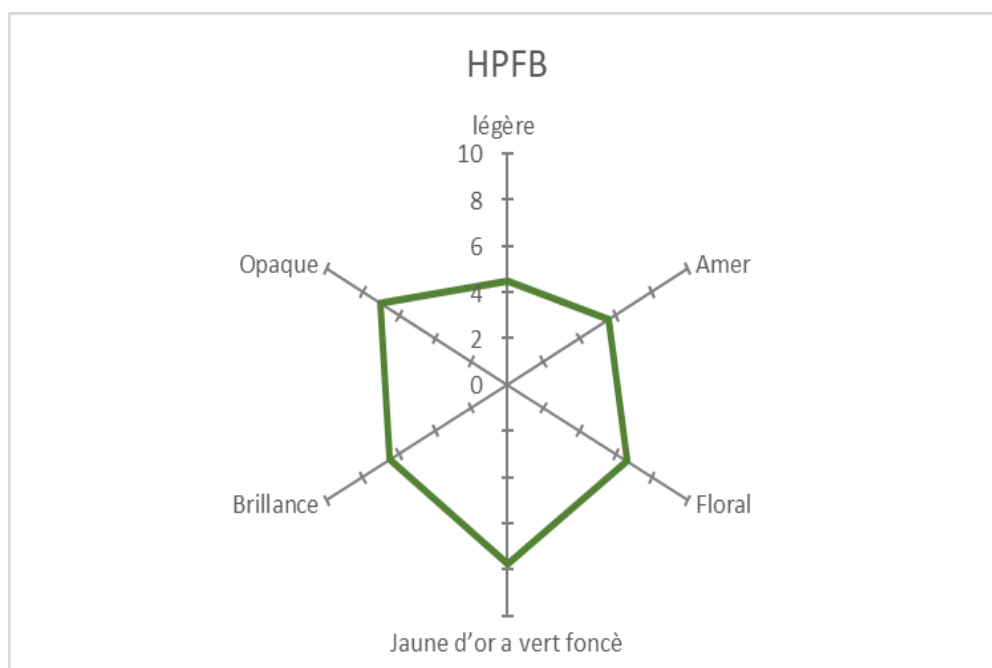


Figure 27 : Profil sensoriel de l'huile de pépin de figue de barbarie (HPFB)

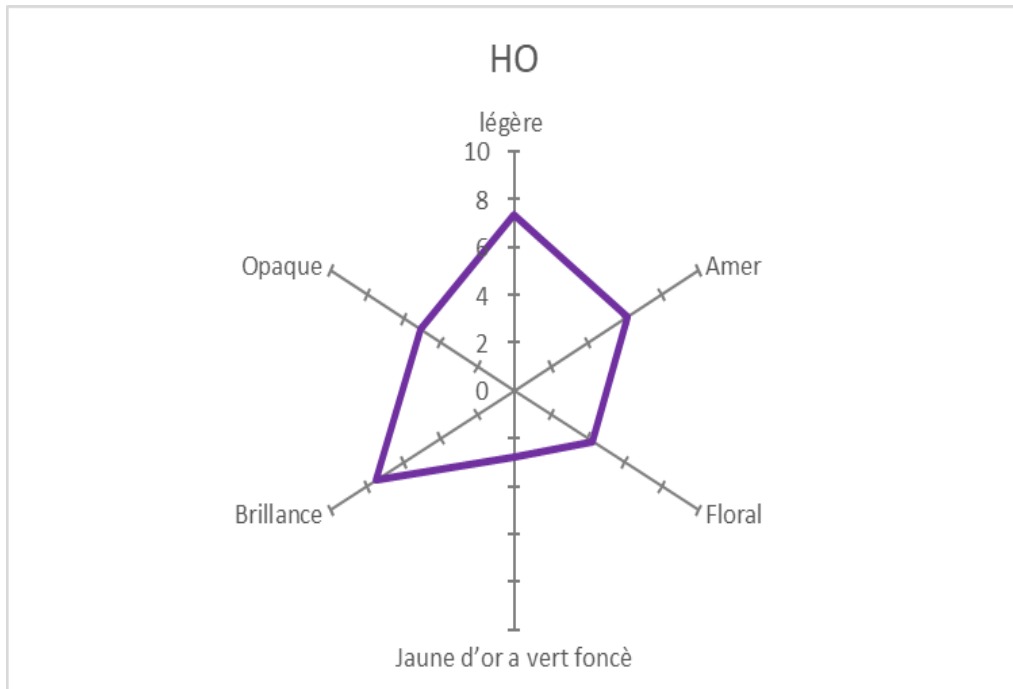


Figure 28 : Profil sensoriel de l'huile d'olive (HO)

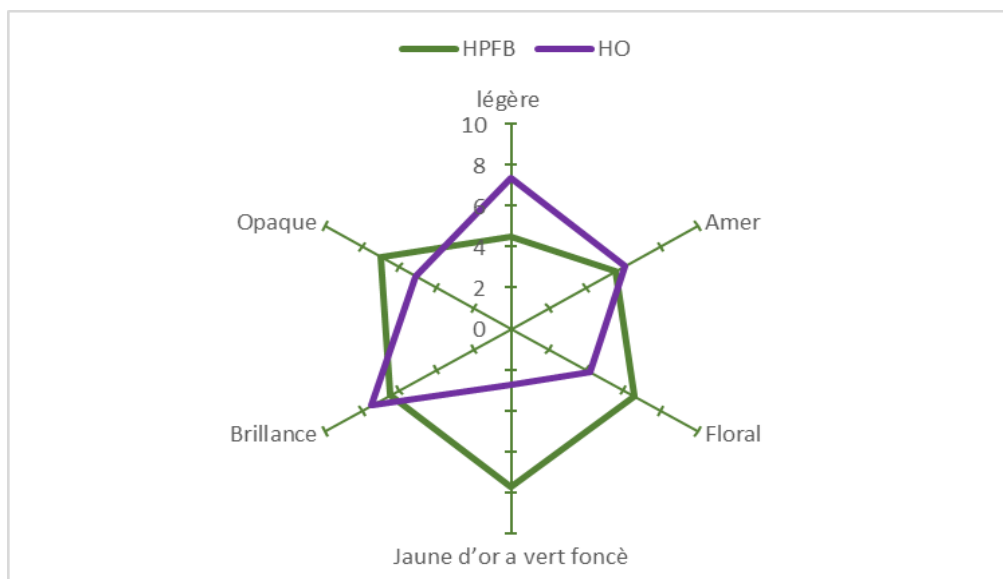


Figure 29 : Superposition des deux profils sensoriels HPFB et HO

La comparaison des deux profils sensoriels (figure 30) révèle des différences significatives pour certain attribut, notamment la couleur (jaune d'or a vert foncé) et l'aspect floral.

En effets le profil HPFB semble se distinguer par ses caractéristiques florales et sa coloration spécifique., tandis que HO est notable pour ses sa légèreté et sa brillance.

4.2.2. Profils sensoriel des vinaigres

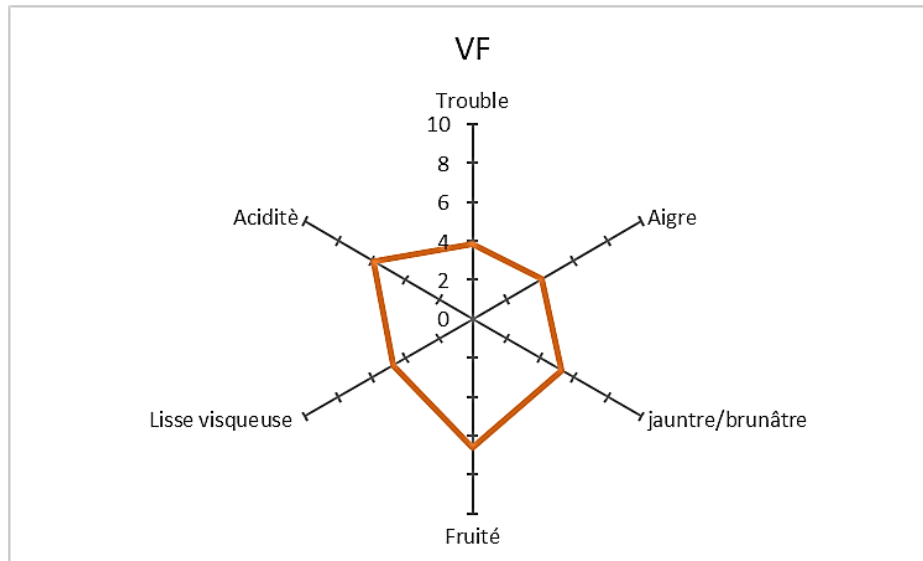


Figure30 : Profil sensoriel du vinaigre de fige de barbarie VF

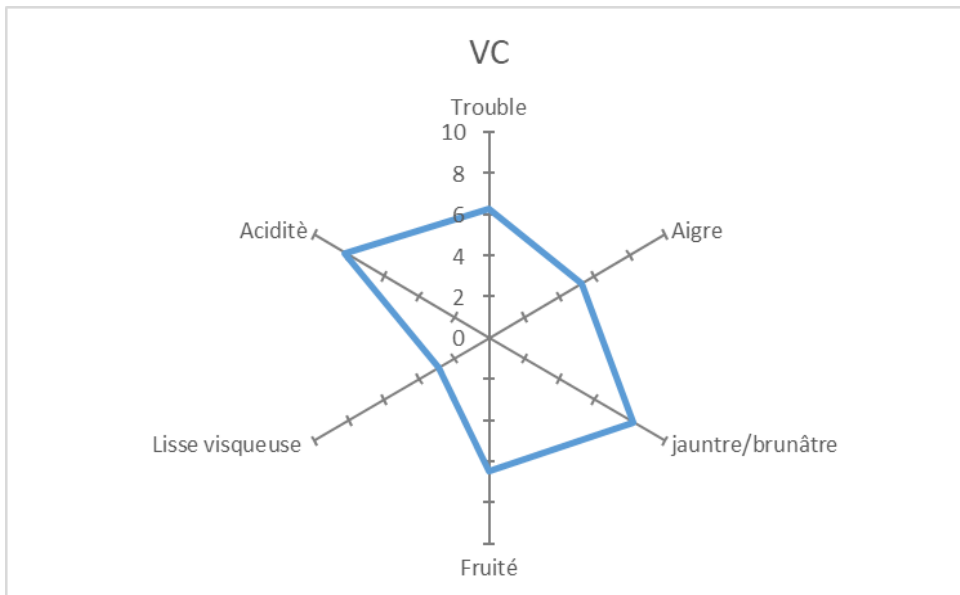


Figure 31 : Profil sensoriel du vinaigre de cidre VC

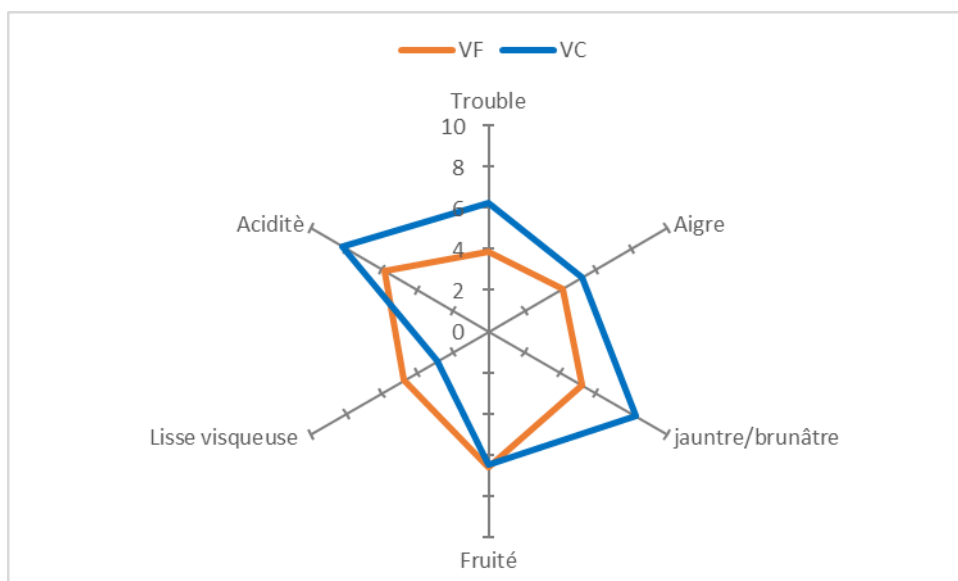


Figure 32 : Superposition des deux profils sensoriels VF et VC

La superposition des profils des deux vinaigre ci -dessus montre (figure 33) montre qu'il y a une différence indéniable entre les deux produits évalués VC et VF, notamment pour l'acidité mais aussi la couleur (jaunâtre à brunâtre).

Cependant, on constate que les deux vinaigres se ressemblent au niveau de leur goût fruité vu qu'ils proviennent tous deux de fruits.

5. Limitation d'études

La plupart des études sur le vinaigre et l'huile de pépins de figue de barbarie ont été de courte durée, et on ne sait pas encore quelles sont les effets à long terme sur la santé ;

Par manque de matériel et de temps pour mener à bien une étude approfondie et une comparaison sensorielle exhaustive l'absence de ressource adéquate entrave la possibilité d'évaluer de manière approfondie le vinaigre de figue de barbaries par rapport à d'autres types de vinaigre et c'est de même pour l'huile de pépins de figue de barbarie à d'autres huiles.

En effet la composition et la qualité de ses deux produits peuvent varier considérablement d'une marque à l'autre et d'une région à l'autre ce qui peut affecter leur effet sur la santé, notre but était de valoriser la région de Kabylie (Tizi – Ouzou) et la comparer à d'autres huiles et vinaigres issues des différentes régions d'Algérie.

De plus, nous souhaitons explorer davantage le pouvoir antioxydant des deux produits en utilisant la méthode de piégeage des radicaux libres DPPH. Malheureusement, nous n'avons pas pu mener ces analyses dans le cadre de cette étude. Intégrer cette méthode dans des recherches futures permettrait de mieux évaluer le potentiel antioxydant des produits et d'enrichir notre compréhension de leurs bénéfices pour la santé.

Pour la caractérisation sensorielle, nous avons choisi le vinaigre de cidre et l'huile d'olive comme références, étant des produits bien connus et largement consommés sur le marché local. Cependant, en raison de contraintes de temps, nous n'avons pas pu comparer nos produits à des équivalents spécifiques, tels que d'autres huiles de graines et d'autres vinaigres de fruits. Une étude future pourrait bénéficier d'une comparaison plus ciblée pour mieux situer la qualité et les caractéristiques sensorielles de nos produits dans leur contexte spécifique.

***Conclusions &
perspectives***

Conclusion

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'huile de pépins ont révélé une qualité et une stabilité élevées. L'indice d'acide a estimé la quantité d'acides gras libres, reflétant la fraîcheur de l'huile. L'indice de peroxyde a évalué le degré d'oxydation, indicateur de stabilité et de conservation. L'indice de saponification a fourni des informations sur la composition lipidique de l'huile. Le dosage des polyphénols, des composés antioxydants, a confirmé les propriétés bénéfiques de l'huile, la rendant précieuse pour les applications cosmétiques et nutritionnelles.

Pour le vinaigre de figue de barbarie, des analyses ont évalué sa qualité et ses propriétés organoleptiques. Le pH a mesuré l'acidité et l'équilibre, essentiels pour l'utilisation culinaire et les effets sur la santé. La densité a donné des indications sur la concentration et la texture. Le dosage des polyphénols a évalué les composés antioxydants, contribuant à la valeur nutritionnelle et aux bénéfices pour la santé.

L'évaluation sensorielle, réalisée par des tests triangulaires et descriptifs, a mis en évidence des différences significatives par rapport aux produits locaux, visualisées par des spider gram. Ces résultats ont démontré les qualités uniques et la compétitivité des produits étudiés, confirmant leur potentiel pour diverses applications.

Perceptives

Les perspectives futures incluent

- Études cliniques : Conduire des recherches cliniques pour confirmer les effets bénéfiques pour la santé de l'huile de pépins et du vinaigre de figue de barbarie, notamment en ce qui concerne leurs propriétés antioxydants, anti-inflammatoires et leurs effets sur la régulation du métabolisme.
- Valorisation des sous-produits : Explorer des méthodes pour valoriser les sous-produits de la transformation de la figue de barbarie, comme les fibres et les pulpes, pour la production de biocarburants, d'engrais naturels ou de biomatériaux, mais aussi des tourteaux dans l'industrie cosmétique

- Expansion commerciale : Établir des stratégies de commercialisation et de marketing pour promouvoir l'huile de pépins et le vinaigre de figue de barbarie sur les marchés locaux et internationaux, en mettant en avant leurs qualités uniques et leurs bienfaits pour la santé.
- Recherche sur la durabilité : Étudier les pratiques agricoles durables et les systèmes de culture biologique pour améliorer la production de figues de barbarie tout en préservant les écosystèmes locaux et en soutenant les communautés agricoles.
- Développement des analyses sensorielles : Approfondir les tests hédoniques et les profils sensoriels pour mieux caractériser les préférences des consommateurs et positionner efficacement les produits sur le marché.

*Références
bibliographiques*

A

- **Achat, S. (2013).** Polyphénols de l'alimentation : Extraction, pouvoir antioxydant et
- **Agroligne. (2016).** La figue de barbarie, un cactus source de richesses. *Agroligne*, (100), 2-3.
- **Al-Naqeb G., Fiori L., Ciolli M. and Aprea E. (2021).** Prickly Pear Seed Oil Extraction, Chemical Characterization and Potential Health Benefits. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(16) : 5018.
- **ARAB H., GUEZZOUN K. (2003).** Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et Biochimiques du vinaigre traditionnel de dattes de cuvette d'Ouargla : vertu thérapeutiques. Mémoire DES. Univ d'Ouargla.
- **Aragona M., Lauriano E.R., Pergolizzi S. and Faggio C., (2018).** Opuntia ficus-indica (L.) miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural product research*, 32 (17) : 2037-2049.
- **Arba M, 2009.** Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. *Culture, Itinéraire Technique et Productivité*, 4, 215223.
- **Arba, M. (2009, May).** Le cactus opuntia une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. In *Actes du Symposium International AGDUMED-durabilité des systèmes de culture en zone méditerranéenne et gestion des ressources en eau et en sol* (pp. 14-16).

B

- **Barbera G., Carimi F., Inglese P. (1992).** Past and role of the Indian fig prickly pear (opuntia ficus indica L Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily. *Economic Botany*, 46 :10-20.
- **Bardaa S., Turki M., Ben Khedir S., Mzid M., Rebai T., Ayadi F. and Sahnoun, Z. (2020).** The Effect of Prickly Pear, Pumpkin, and Linseed Oils on Biological Mediators of Acute Inflammation and Oxidative Stress Markers. *BioMed research international*, 2020 :1-11.
- **Becer E., Kabadayı H., Meriçli F., Meriçli A.H., Kıvançlı B. and Vatansever S. (2018).** Apoptotic Effects of Opuntia ficus indica L. Seed Oils on Colon Adenocarcinoma Cell Lines. *Proceedings*, 2(25) : 1566.
- **Benattia F., 2017.** Analyse et application des extraits de pépins de figues de barbarie. Thèse de doctorat : chimie. Tlemcen : Université AboubekrBelkaid, 152 p.

- **Benattia F.K.**, analyse et application des extraits de pipins de figue de barbarie, Thèse de Doctorat en chimie bio –organique et thérapeutique, Université Abou Baker BelkaidTlemcen, **2015**.
- **Berraaouan A., Abderrahim Z., Hassane M., Abdelkhaleq L., Mohammed A. and Mohamed B. (2015)**. Evaluation of protective effect of cactus pear seed oil (*Opuntia ficus-indica* L. MILL.) against alloxan-induced diabetes in mice. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(7) : 532–537.
- **Bhat, S.V., Akhtar, R., Amin, T., 2014**. An Overview on the Biological Production
- **Bhira, (2012)** universite mohammed v- souissi faculté de médecine et de pharmacie - rabat faculté une médecine pharmacie.
- **Bhira, O. (2012)**. Potentialités thérapeutiques d'*Opuntia Ficus indica* au Maroc et en Tunisie. Thèse de doctorat : Pharmacie. Université Mohammed 5, Rabat, Maroc. 29p.
- **Bouaziz, S. (2009)**. Caractérisation physicochimique et biochimique de quelques
- **Bouaziz, S. (2010)**. Caractérisation physicochimique et biochimique de quelques vinaigres traditionnels de dattes de la région d'Ouargla. Thèse de magistère. Université d'Ouargla. 70p.
- **Boudilmi I et Mehous Y., (2020)**. Huile essentielle de figue de barbarie (*Opuntia ficusindica*), Doctorat dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'SILA.
- **Bouguerche F, Bouaouiche A, Et Belahcene N. (2010)**. Effet Des Extraits Du Figuier De Barbarie (*Opuntia Ficus-Indica*) Sur Le Développement Des Lapins *Oryctolagus Cuniculus*. Laboratoire des Sciences et Techniques du Vivant Département des Sciences Agronomiques Institut des Sciences Agronomiques et Vétérinaires Université de Souk Ahras, 41000 – Algérie, 2, pp1.
- **Boumali, N. E. I., Mamine, F., Cheriet, F., Montaigne, E., and Arbouche, F. (2022)**. Analyse du processus d'émergence de la filière figue de barbarie et de ses coproduits en Algérie : potentiel, contraintes et perspectives. *New Medit*, 13(3), 115-136.
- **Budak, N.H., Aykin, E., Seydim, A.C., Greene, A.K., Guzel-Seydim, Z.B., 2014**. Functional Properties of Vinegar : Functional properties of vinegar.... *J. Food Sci.* 79, R757–R764.
- caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de

C

- **Cardador-Martínez, A., Jiménez-Martínez, C., and Sandoval, G. (2011).** Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31, 782-788.
- **CEE 2568/91.**, Caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférentes. Communauté Economique Européenne, **1991**, p. 27- 30.
- Cuvette d'Ouargla. Thèse d'ingénieur. INFS/AS, Université Kasdi Merbah, Ouargla.dattes d'Ouargla. Revue Energie discarded mangoes]. *ResearchGate*.

E

- **El kharrassi Y., (2015).** Mise en évidence de la diversité des populations de cactus (*Opuntia* spp.) au Maroc et de la modulation du métabolisme lipidique par des extraits naturels et de phytostérols issues de cactus ou d'huile d'Argan dans les cellules micro-gliales BV2. Thèse de doctorat en biochimie, biologie Moléculaire et Cellulaire. Université Hassan I-Settat, Université Bourgogne –Dijon.
- **El Kossori R.L., Villaume C., El Boustani E., Sauvaire Y., Méjean L., (1998).** Composition of pulp, and seeds of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). *Plant Foods for human nutrition*, vol.52, n3, pp.263-270.
- **Ennouri M., Fetoui H., Bourret E., Zeghal N. and Attia H. (2006).** Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*. 1. Influence of a seed oil supplemented diet on rats. *Bioresource Technology*, 97(12) : 1382–1386.
- **Ennouri, M., Evelyne, B., Laurence, M. and Hamadi, A. 2005.** Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils. *Food Chem.*, 93 : 431–437.

F

- **Faouzi H, 2015.** Le figuier de barbarie (l'*Opuntia ficus-indica*) : un produit de terroir pour le développement local ? Aknari des Ait Baamarane (Anti-Atlas Occidental, Maroc). *Les Cahiers d'outre-MER*, (271), ...
- **Felice M.S. 2004.** Prickly pear cactus, *Opuntia* spp. A spine-tingling tale. *Weed Tech.* 18 : 869-877.

- **Felker P., del C. Rodriguez S., Casoliba R.M., Filippini R., Medina D., Zapata R., (2005).** Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *J. Arid Environ.* 60, 405-422.
- **Feugang JM, Konarski P, Zou D, Stintzing FC, Zou C.** Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci J Virtual Libr.* 1 sept 2006 ; 11 :2574-89.

G

- **Galati EM, Pergolizzi S, Miceli N, Monforte MT, Tripodo MM.** Study on the increment of the production of gastric mucus in rats treated with *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cladodes. *J. Ethno.pharm.,* 2002, 83 :229-233.
- **Gersani, M, Graham, A.E , and Nobel, P.S.** 1993.Growth responses of inndividual
- **Ghazi, Z., Ramdani, M., Fauconnier, M.L., El Mahi, B. , and Cheikh, R. 2013.** Fatty acids sterols and vitamin E composition of seed oil of *Opuntia ficus-indica* and *Opuntia Dillenii* from Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.,* 4(6) : 967–972.
- **Ghédira K. Goetz P.** Figuiers de barbarie, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae). France ; Lavoisier SAS ; 2018.
- Google Maps 2024.
- **Guiraud, J. Galzy, P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod. Paris.
- **Gunstone F.D.,** the chemistry of oil and fats Sources, Composition, Properties and Uses, Ed. blackwell publishing, CRS press, 2004.

H

- **Habibi Y.** Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de barbarie : Les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modification chimique [Thèse]. France Université Joseph Fourier ; 2004.
- **Halmi, S. (2015).** Etude botanique et phytochimique, Approche biologique et pharmacologique d'*Opuntia ficus indica*, thèse de doctorat en sciences, Université des frères mentouri de constantine, faculté des sciences de la nature et de vie, Département de biologie et ecologie végétal.

- **Hayet C ; Samia M ; Zied B S Et Linda K, (2015).** Comparaison Des Huiles Des Graines Du Laurier, de Pen d'Alep et de Figuier de Barbarie. IOSR J Environ SCI VER I, 9, 2319-2399.
- **Hernández-Urbiola M.I, Pérez-Torrero E, Rodríguez-García M.E. 2011.** Chemical Analysis of Nutritional Content of Prickly Pads (*Opuntia ficus indica*) at Varied Ages in an Organic Harvest. Int. J. Environ. Res. Public Health, 8, 1287-1295.
- https://www.researchgate.net/publication/306034827_Qualite_microbiologique_caracteristiques_Biochimiques_et_Physico-Chimiques_d'un_vinaigre_artisanal_a_base_des_mangues_jetees_Microbiological_Quality_Biochemical_and_Physical-Chemical_characteristics_o

I

- **International Journal of Innovation and Applied Studies ,2016** Cardi Mbungu¹, Karl Tshimenga¹, Pascal Nsambu², Christina Mputu Tshibadi³, Joseph Muwawa⁴, and Jean-Noël Mputu Kanyinda¹⁻². [Microbiological Quality, Biochemical and Physical-Chemical characteristics of artisanal vinegar based piers mangoes]
- **ISO 13300 :2018.**

J

- **Jahouach W.,** décoloration des huiles végétales sur des argiles étude stabilité physicochimique des huiles décolorées, Diplôme d'étude approfondies en chimie organique, université de Sfax -Tunisie ,**2012.**
- Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire (J.O.A.D et P) ,**2012.**
- Journal. Range Mgmt, 1977, 30 :12-16.

K

- **Kabas O., Ormerzi A., and Akinci I., (2006).** Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus indica* L.) grown wild in Turkey. Journal of Food Engineering, 73 : 198-202.
- **KADIK.B.,1974.** Les plantations semi forestières et leur possibilité dans l'aménagement pastoral, In revue de la recherche agronomique (INRA).
- **Kaur, M., Kaur, A., and Sharma, R. 2012.** Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*: A Review. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2(07), 15-18.

- **Keller A-L., Girard.C., Chaumont. J-P., (2009).** Opuntia ficus-indica (L.) Mill, le figuier de barbarie ou nopal, une plante aux multiples usages. UFR des sciences médicales et pharmaceutiques de Besançon, pp 24.
- **Khémiri I. and Bitri L. (2019).** Effectiveness of Opuntia ficus indica L. inermis Seed Oil in the Protection and the Healing of Experimentally Induced Gastric Mucosa Ulcer. Oxidative medicine and cellular longevity, 2019 :1-17.

L

- l'interaction avec des ions métalliques. Thèse pour l'obtention du grade docteur
- Livre écologie culture et utilisations du figuier de barbarie publier par l'organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture et le centre international pour la recherche agricole dans les zones arides rome, **2018**.
- **Liz R., Zanatta L., dos Reis G.O., Horst H., Pizzolatti M.G., Silva F.R.M.B. and Fröde T.S. (2012).** Acute effect of β -sitosterol on calcium uptake mediates anti-inflammatory effect in murine activated neutrophils. Journal of Pharmacy and Pharmacology 65(1) : 115–122.

M

- **Maataoui, S. B., Maataoui, R. B., Almesrar, B., and Hilali, S. (2018).** Anti-ulcer activity of prickly pear (Opuntia ficus indica) cladodes extracts. International Journal of Advanced Research, 6(11), 498-506.
- **Madani K., Remini H., Dahmoune F., Dairi S., Aoun O., Belbahi A., Lefsih K., 2016.** Le figuier de Barbarie : une plante d'intérêt industriel. Premier séminaire sur la valorisation du figuier de Barbarie. « Une plante pour le climat et le développement durable », 16-17 septembre, Bejaia, Algérie.
- **Martinand-Lurin E., Gruber R.,** 40 expérience illustrées de chimie générale et organique, Ed. De boeck ,**2012**.
- **Matthäus, B. and Özcan, M.M. 2011.** Habitat effects on yield, fatty acid composition and tocopherol contents of prickly pear (Opuntia 95–98. Ficus-indica L.) seed oils. Sci. Hortic., 131 :95-98.
- **Mazari A et Mahdeb A., (2021).** Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issus du figuier de barbarie : revue de la littérature.

- **Mazari, A., and Mahdeb, A. (2020).** Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issus du figuier de barbarie : revue de la littérature. *Agriculture et Systèmes de Production Animale*, 21(4), 1-10.
- **Mazari, A., and Mahdeb, A. (2021).** Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issus du figuier de Barbarie : Revue de la littérature. *Recherche Agronomique*, 23(1), 47-62. Retrieved from <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/148750>.
- **Mbungu.C, 2016.** Qualité microbiologique, caractéristiques biochimiques et physico-chimiques d'un vinaigre artisanal à base des mangues jetées [Microbiological quality, biochemical and physical-chemical characteristics of an artisanal vinegar made from
- **Mecellem , R. (2015).** Optimisation de la formulation d'une confiture à base de la figue de barbarie "O. Ficus India" par le plan d'expérience [Master's thesis, Université A. Mira Bejaia]. Retrieved from <https://www.scribd.com/document/369008105/Optimisation-de-La-Formulation-D-une-Confiture-A-Base-La-Figue-de-Barbarie-O-Ficus-India-Par-Le-Plan-D-experience>.
- Mémoire Activités antibactériennes et antifongiques d'extraits acétoniques et de l'huile des graines d'Opuntia ficus indica **L. BENMESSAOUD Somia BENNACEF Yassmina Ummto 2020,2021 .**
- Mémoire Appréciation de l'effet PGPR des rhizobactéries de figuier de Barbarie (Opuntia ficus-indica) **Benarfa Rania Akrouf Omaira Chorfi Bouthaina université de tbessa 2020.**
- Mémoire Etude comparative des caractéristiques physicochimiques de différents types de vinaigres: Le vinaigre traditionnel de dattes (Deglet Nour, Degla Beida, Tacherwit), vinaigre de pommes et vinaigre vendu en épicerie , Présenté par: **Dahmani sabrina et Rebbouh ismahane , 2009 .**
- Mémoire étude physico chimique de l'huile de pépin de figue de barbarie présenté par **BERRAHIL EL-KATTEL Benameur ET MILOUD Sarra, 2019.**
- Mémoire Evaluation de l'effet antimicrobien du vinaigre présenté par **Atamna Mohamed El aid Ridha et Chaabna Qatar ennada et Maalem Khalida, 2022.**
- Mémoire Optimisation d'une méthode d'extraction des composés phénoliques dans les différents organes de figuier de barbarie : Opuntia ficus indica (L) **AIT AMMAR Samah, AMRANI Dihia et OUANNOUGHI Khadidja Ummto 2022.**
- **Miller, G.L. (1959)** Utilisation du réactif acide dinitrosalicylique pour la détermination du sucre réducteur. *Journal de chimie analytique*, 31, 426-428.
- Mira-Bejaia, Algérie. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00978529> .

- **Morales, M., Sáenz, C. and Robert, P. 2009.** Bioactive compounds in toppings from colored cactus pear cultivated in Chile. *Acta Hort.*, 811 : 127–130.
- **Mounir M., Atfaoui K., En-Nassiri H., Hamouda A., Harrak H., Delvigne F., Thonart P., Ismaili Alaoui M. (2016).** Application des biotechnologies pour la valorisation des produits des oasis Marocaine.... Le 1^{er} Symposium International de l'Agro-écologie Oasienne, Faculté des sciences et techniques d'Errachidia, Erfoud, Maroc.

N

- **Navarrete-Bolaños JL., Serrato-Joya O., Botello-Alvarez E., Jimenez-Islas H., Cardenas-Manriquez M., Conde-Barajas E., Rico-Martínez R. (2007).** Analyzing microbial consortia for biotechnological processes design. Vol. 1 : Communicating Current Research and Educational Topics and Trends in Applied Microbiology, ed. Mendez-Vilas, Formatex, Badajoz, Spain. pp. 437-449.
- **Nerd A., and Mizrahi Y., (1994).** Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus indica* (L.). *Scientia Horticulturae*, 59 : 115-122.
- **NF EN ISO 660, septembre 2009, AFNOR NF T 60-204.**
- **NF ISO 4120 (2004)**
- **Nobel, P. S., ed.** Cactus physiological ecology, emphasizing gas exchange of Vinegar. *Int.J.FermentedFood*3,139, <https://doi.org/10.5958/2321712X.2014.01315.5>.

O

- **Orwa C., Mutua, A., Kindt R., Jamnadass R., and Simons A., (2009).** Agroforestry Database a tree reference and selection guide version 4.0.
- Ould EL-Hadj, M. D., Sebihi, A. H. & Siboukeur, O. (2001). Qualité hygiénique et
- **Özcan, M. and Al Juhaimi, F. 2011.** Nutritive value and chemical composition of prickly pear seed (*Opuntia ficus-indica* L.) growing in Turkey. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 62(5) : 533–536.

P

- **Paolo Inglese, Candelario Mondragon, Ali Nefzaoui.** *Ecologie, Culture Et Utilisations Du Figuier De Barbari*. Rome .2018. 250 p.
- **Paquot C.,** Union internationale de chimie pure et appliquée (I.U.P.A.C). Commission des huiles, graisses et dérivés, méthode standard pour l'analyse des huiles, des graisses et ses dérivés, 6^{ème} Ed, Pergamon press, 1979.

- Platypuntias fruit. Acta Hortic., 58 :143 – 150.
- **Prieto C., Sáenz C., Silva P, Loyola E. (2009).** Balsamic Type Vinegar From Colored Ecotypes of Cactus Pear (Opuntia Ficus-Indica). ActaHortic., 811 :123-126.

R

- **Ramadan, M. F., and Mörsel, J. T. (2003).** Oil cactus pear (Opuntia ficus-indica L.). Food Chemistry, 82, 339-345.
- **Ramadan, M.F. and Mörsel, J.T. 2003 a.** Oil cactus pear (Opuntia ficus-indica L.). Food Chemistry., 83 : 339–345.
- **Ramírez-Moreno E., Cariño-Cortés R., Cruz-Cansino N. del S., Delgado-Olivares L., ArizaOrtega J.A., Montañez-Izquierdo V.Y., Hernández-Herrero M.M. and Filardo-Kerstupp T. (2017).** Antioxidant and Antimicrobial Properties of Cactus Pear (Opuntia) Seed Oils. Journal of Food Quality, 2017 : 1–8.
- Renouvelable : Production et valorisation-Biomasse, pp 87- 92.
- **Reynolds S.G, Arias-Jimenez E, Mondrago N-Jacobo C, Perezgonzalez S. 2003.** El nopal (Opuntia spp.) como forraje, Estudio FAO Produccion y Proteccion Vegetal, 169, 344–345.
- **Rock, E. (2003).** Stress oxydant, micronutriments et sante. Université d'été de Nutrition Clermont-Ferrand, 37-42.
- Roots of Opuntia ficus indica to salinity . Plant, Cell Env.,16 : 827 – 834.

S

- **Saeed-Ul-Hassan S., Ansari M.T., Tariq I,** Evaluation of physicochemical parameters of selected brands of pharmaceutical Oils Sold in Punjab, Pakistan, Lat. Am. J. Pharm, **2014**, 33 (1) : 115-22.
- **Sáenz C. (1995).** Food Manufacture and by-products. In : Barbera G, Inglese P, Pimienta-Barrios E. Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Product and Protection Paper., 132 : 137-143.
- **Saenz C.** Processing technologies : An alternative for cactus pear (Opuntia spp.) fruits and cladodes, J. of Arid Envir., **2000**, 46 : 209-225.
- **Sáenz, C. 2000.** Processing technologies : an alternative for cactus pear (Opuntia spp) fruits and cladodes. J. Arid Environ., 46 : 209–225.
- **Saézn, C., Berger, H., Corrales García, J., Galletti, L., Garcia del Cortazar, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez Feliz, A., Sepulveda, E. & Varnero M.T., eds.**

2006. Utilización agroindustrial del nopal. FAO Plant Production and Protection Paper No. 162. Rome, FAO. 165 pp.
- **Sáenz, C., Berger, H., Corrales García, J., Galletti, L., García de Cortázar, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez Félix, A., Sepúlveda, E. & Varnero, M.T. 2013.** Agro-industrial utilization of cactus pear. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division. Rome, FAO. 150 pp. (available at <http://www.fao.org/docrep/019/a0534e/a0534e.pdf>).
 - **Saleem M., Ja Kim H., Kyun Han C., Jin C., and Sup Lee Y., (2006).** Secondary metabolites from *Opuntia ficus indica* var. *saboten*. *Phytochemistry*, 67 : 1390-1394.
 - **Samad, A., Azlan, A., Ismail, A., 2016.** Therapeutic effects of vinegar: a review. *Curr. Opin. Food Sci.* 8, 56–61.
 - **Schweizer M, (1997).** Docteur Nopal, le médecin de bon dieu. Edition APB (Aloe Plante et Beauté). Paris(France).
 - **Sebihi, A.H. (1996).** Contribution à l'étude de quelques paramètres de la qualité
 - **Sepúlveda, E. and Sáenz, C. 1988.** Industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). I. Aceite de la semilla. *Alimentos*, 13 : 35–38.
 - Shoop M.C., Alford E.J., Mayland H.F., Plains pricklypear is a good forage for cattle,
 - **Snyman H.A., (2006).** A greenhouse study of root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus indica* and *O. robusta*. *Journal of Arid Environments*, 65 :529-542.
 - **Sreeknath D ; Arunasree MK ; Roy KR ; Reddy GV et Reddanna P., (2007).** La bétanine, un pigment de bétacyanine purifié à partir de fruits d'*Opuntia ficus indica*, induit l'apoptose dans la lignée cellulaire de leucémie myéloïde chronique humaine-K562. *Phytomédecine*, 14, 739- 746.

T

- **Tlili, N., Bargougui, A., Elfalleh, W., Triki, A. & Nasri, N. 2011.** Phenolic compounds, protein, lipid content and fatty acids compositions of cactus seeds. *J. Med. Plants Res.*, 5(18) : 4519–4524.

U

- Université d'Ouargla. 70 p. vinaigres traditionnels de dattes de la région d'Ouargla. Thèse de magistère

Y

- **YAHIAOUI Karima, BOUCHENAK Ouahiba , LAOUFI Razika , LEFKIR Samia , BENHABYLES Narimen , AIDOUZ Aziouz , YOUYOU Soraya1 , NOUANI**

Abdelouahab et ARAB Karim , suivi de la fraction polyphénolique de l'huile d'olive imprégnée par les figes au cours du stockage , Revue Agrobiologia (2020).

- **Yang L., Lu M., Carl S., Mayer JA., Cushman JC., Tian E., Lin H. (2015).** Biomass characterization of Agave and Opuntia as potential biofuel feedstocks. biomass bioenergy., 76:43- 53.

Z

- **Zhang C., Yu H., Shen Y., Ni X., Shen S. and Das U.N. (2015).** Polyunsaturated fatty acids trigger apoptosis of colon cancer cells through a mitochondrial pathway. Archives of medical science : AMS, 11(5) : 1081–1094.
- **Zhao, C., Zhao, X., Zhang, J., Zou, W., Zhang, Y., Li, L., Liu, J., 2016.** Screening of Bacillus Strains from Sun Vinegar for Efficient Production of Flavonoid and Phenol. Indian J. Microbiol. 56, 498–503.

Annexe 01 : Matériels utilisés



pH-mètre



UV-1900 i UV-vis spectrophotométrie



Denver IR 35 balance dessiccatrice



Refractomètre hand 0-32 brix



Conductimètre



Pycnomètre en verre 5 ml



chauffe-ballons



Balance de précision

Annexe 02 : Questionnaire utilisé pour le test triangulaire

Nom :

Date:

Prénom:

Trois échantillons vous sont proposés, numérotés:

123

453

765

Donnez une réponse même si vous n'êtes pas certain.

Annexe 03 : Tableaux de codage

Tableau 01 : Codage d'huile pour le test discriminatif

Produits	HO	HF	HF
Codes	123	453	765

Tableau 02 : Codage du vinaigre pour le test discriminatif

Produits	VF	VC	VC
Codes	123	453	765

Annexe 04 : Table de valeur

Tableau 01 : Nombre minimal de réponses correctes pour établir une différence significative a trois niveaux de signification pour l'essai triangulaire.

Nombre de réponses	Nombre minimal de réponses correctes pour une différenciation au niveau de signification de :			Nombre de réponses	Nombre minimal de réponses correctes pour une différenciation au niveau de signification de :		
	$\alpha \leq 0,5$	$\alpha \leq 0,01$	$\alpha < 0,001$		$\alpha \leq 0,5$	$\alpha \leq 0,01$	$\alpha \leq 0,001$
	5	4	5		-	38	19
6	5	6	-	39	19	21	23
7	5	6	7	40	19	21	24
8	6	7	8	41	20	22	24
9	6	7	8	42	20	22	25
10	7	8	9	43	20	23	25
11	7	8	10	44	21	23	26
12	8	9	10	45	21	24	26
13	8	9	11	46	22	24	27
14	9	10	11	47	22	24	27
15	9	10	12	48	22	25	27
16	9	11	12	49	23	25	28
17	10	11	13	50	23	26	28
18	10	12	13	51	24	26	29
19	11	12	14	52	24	26	29
20	11	13	14	53	24	27	30
21	12	13	15	54	25	27	30
22	12	14	15	55	25	28	30
23	12	14	16	56	26	28	31
24	13	15	16	57	26	28	31
25	13	15	17	58	26	29	32
26	14	15	17	59	27	29	32
27	14	16	18	60	27	30	33
28	15	16	18	61	27	30	33
29	15	17	19	62	28	30	33
30	15	17	19	63	28	31	34
31	16	18	20	64	29	31	34
32	16	18	20	65	29	32	35
33	17	18	21	66	29	32	35
34	17	19	21	67	30	33	36
35	17	19	22	68	30	33	36
36	18	20	22	69	31	33	36
37	18	20	22	70	31	34	37

Annexe 05 : Préparation des solutions

Solution d'iode de potassium saturée : concentration massique = 175 g/ 100 ml, dissoudre environ 1.75 g d'iode de potassium dans environ 1 ml d'eau récemment portée à ébullition et revenue à température ambiante. Veiller à maintenir la solution à l'état saturé (cristaux non dissous). La conserver à l'abri de la lumière et en préparer une nouvelle chaque jour.

Solution aqueuse de thiosulfate de potassium : Pour la préparation de cette solution, utiliser uniquement de l'eau récemment portée à ébullition.

Solution d'amidon : concentration massique = 1 g/100 ml. Mélanger 0.5 g d'amidon dans une petite quantité d'eau froide. Ajouter ensuite ce mélange à 50 ml d'eau bouillante tout en remuant, laisser bouillir quelques secondes, puis laisser immédiatement refroidir. Une nouvelle solution doit être préparée chaque jour.

Résumé

La valorisation du figuier de Barbarie issu de la culture biologique dans la région de Tizi Ouzou, en Algérie, représente une opportunité économique et environnementale significative. Une unité de production située à Agouni Gueghrane, dans la commune de Ouadhia, wilaya de Tizi Ouzou, se distingue par ses activités de transformation de la figue de Barbarie en deux produits de grande valeur : l'huile de pépins de figue de Barbarie et le vinaigre de figue de Barbarie. Ces produits sont prisés pour leurs propriétés bénéfiques pour la santé.

Le processus de fabrication de ces produits met en avant l'extraction à froid de l'huile de pépins et la fermentation spontanée du vinaigre.

L'étude comprend également une analyse approfondie des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des produits. Ces analyses sont essentielles pour évaluer la composition, la pureté et la sécurité sanitaire des produits.

En outre, la caractérisation sensorielle des produits a été réalisée à travers des tests triangulaires et descriptifs. Les tests triangulaires ont mis en évidence des différences significatives entre les produits étudiés et ceux commercialisés localement dans la même gamme. Des profils sensoriels, représentés sous forme de diagrammes en toile d'araignée, ont été superposés pour mieux visualiser ces différences.

Mots clés : Valorisation, Figuier de Barbarie, Culture biologique, Huile de pépins, Vinaigre, analyse physico chimique, Caractérisation sensorielle,

Abstract

The valorization of prickly pear cactus cultivated organically in the Tizi Ouzou region of Algeria represents a significant economic and environmental opportunity. A production unit located in Agouni Gueghrane, in the commune of Ouadhias, wilaya of Tizi Ouzou, stands out for its activities in transforming prickly pear into two high-value products: prickly pear seed oil and prickly pear vinegar. These products are prized for their health benefits.

The manufacturing process of these products emphasizes the cold extraction of seed oil and the spontaneous fermentation of vinegar. Cold extraction of prickly pear seed oil preserves the nutritional qualities and bioactive compounds of the seeds. The study also includes an in-depth analysis of the physicochemical and microbiological characteristics of the products. These analyses are essential to assess the composition, purity, and sanitary safety of the products.

Furthermore, the sensory characterization of the products was carried out through triangular and descriptive tests. The triangular tests revealed significant differences between the studied products and those locally marketed in the same range. Sensory profiles, represented in spider diagrams, were superimposed to better visualize these differences.

Keywords: Valorization, Prickly Pear Cactus, Organic Cultivation, Seed Oil, Vinegar, physico-chemical analysis, Sensory Characterization.....

ملخص

يمثل تثمين التين الشوكي من الزراعة العضوية في منطقة تيزي وزو، في الجزائر، فرصة اقتصادية وبيئية كبيرة. تتميز وحدة الإنتاج الكائنة بأقنى قفران ببلدية وادسية بولاية تيزي وزو، بنشاطها المتمثل في تحويل التين الشوكي إلى منتجات عالية القيمة: زيت بذور التين الشوكي وخل التين الشوكي. وتقدر قيمة هذه المنتجات لخصائصها الصحية المفيدة تسلط عملية تصنيع هذه المنتجات الضوء على الاستخلاص البارد لزيت البذور والتخمير التلقائي للخل. يحافظ الاستخلاص البارد لزيت بذور التين الشوكي على الصفات الغذائية والمركبات النشطة بيولوجيًا للبذور تتضمن الدراسة أيضًا تحليلًا متعمقًا للخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمنتجات. تعتبر هذه التحليلات ضرورية لتقييم تكوين المنتجات ونقاوتها وسلامتها الصحية. وتشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن المنتجات المصنعة تلبى معايير الجودة المطلوبة.

بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء التوصيف الحسي للمنتجات من خلال الاختبارات الثلاثية والوصفية. وأبرزت الاختبارات المثلثية وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المنتجات المدروسة وتلك المسوقة محليًا في نفس النطاق. تم تركيب الملامح الحسية، ممثلة في مخططات عنكبوتية، لتصوير هذه الاختلافات بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: التثمين، التين الشوكي، الزراعة العضوية، زيت البذور، الخل، التحليل الفيزيائي الكيميائي، التوصيف الحسي